

Conf.dr.ing. IOAN BĂISAN

OPERAȚII ȘI TEHNOLOGII ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ

**(curs pentru studenții specializării Mașini și Instalații pentru Agricultură
și Industria Alimentară)**

2015

C U P R I N S

PARTEA I-A OPERAȚII ȘI PROCESE	5
I. PROCESE DE TRANSFER	5
1.1. Similitudinea și analiza dimensională	5
1.2. Unități de măsură și dimensiuni	8
1.3. Transferul de impuls	12
1.4. Transferul de căldură	13
1.5. Transferul de masă	13
II. OPERAȚII CU TRANSFER DE IMPULS	14
2.1. Transportul lichidelor alimentare	14
2.2. Separarea sistemelor eterogene	15
2.2.1. Separarea sistemelor eterogene gaz-solid și gaz-lichid	16
2.2.2. Separarea sistemelor eterogene lichid-gaz și lichid-lichid	19
2.2.3. Separarea sistemelor eterogene lichid-solid	20
2.3. Amestecarea fluidelor	25
III. OPERAȚII CU TRANSFER DE CĂLDURĂ	31
3.1. Noțiuni de bază în transferul căldurii	31
3.2. Transferul de căldură prin conductivitate	32
3.3. Transferul de căldură prin convecție	34
3.4. Transferul de căldură prin radiație	38
3.5. Transferul global de căldură	41
3.6. Operații cu transfer de căldură fără schimbarea stării de agregare	43
3.6.1. Încălzirea	43
3.6.2. Răcirea	43
3.6.3. Termosterilizarea	44
3.7. Operații cu transfer de căldură cu schimbarea stării de agregare	44
IV. OPERAȚII DE TRANSFER DE MASA	55
4.1. Exprimarea compoziției fazelor	55
4.2. Echilibrul dintre faze	56
4.3. Metode de separare a amestecurilor omogene	58
4.4. Difuziunea	58
4.4.1. Difuziunea moleculară	59
4.4.2. Difuziunea convectivă	62
4.5. Transferul de masă global	64
4.5.1. Transferul de masă global la potențial constant	64
4.5.2. Transferul de masă la potențial variabil	66
4.6. Distilarea și rectificarea	67
4.6.1. Echilibrul lichid-vapori	67
4.6.2. Metode separare a amestecurilor lichide prin distilare	70
4.7. Uscarea	74
4.7.1. Statica procesului de uscare	75
4.7.2. Cinetica operației de uscare	80
4.8. Absorbția	81
4.9. Adsorbția	83
4.10. Extracția	86
4.11. Cristalizarea	92
4.12. Fluidizarea	95
PARTEA A II-A TEHNOLOGII ALIMENTARE	99
5. INTRODUCERE	99
5.1. Procese tehnologice și operații unitare	101
5.2. Bilanț de materiale, energetic și termic	103
5.3. Materii prime și materiale utilizate în industria alimentară	105
5.3.1. Materii prime de origine vegetală	115
5.3.2. Materii prime de origine animală	122
5.3.3. Materii prime auxiliare și materiale folosite în industria alimentară	126

5.3.4. Ambalaje și materiale pentru ambalarea produselor alimentare	131
VI. TEHNOLOGII DE CONSERVARE ȘI INDUSTRIALIZARE A LEGUMELOR ȘI FRUCTELOR	132
6.1. Tehnologii de conservare prin frig a legumelor și fructelor	133
6.2.. Tehnologia de conservare prin uscarea și deshidratarea legumelor și fructelor	146
6.3. Tehnologia de fabricare a semiconservelor din legume și fructe	148
6.4. Tehnologia fabricării conservelor vegetale prin termosterilizare	150
6.5. Tehnologia de fabricare a produselor concentrate din legume și fructe	159
6.6. Tehnologia de fabricare a băuturilor din legume și fructe	163
6.7. Tehnologii de valorificare a subproduselor	166
VII. TEHNOLOGII DE FABRICARE A VINURILOR SI A PRODUSELOR PE BAZA DE MUST SI VIN	169
7.1. Tehnologii de vinificație	169
7.1.1. Tehnologia de producere a vinurilor propriu-zise	170
7.1.2. Tehnologia de obținere a vinurilor speciale	179
7.2. Tehnologii de obținere a produselor pe bază de must și vin	184
7.3. Prelucrarea produselor secundare de la vinificație	188
VIII. TEHNOLOGIA DE FABRICARE A BERII	190
8.1. Materii prime pentru fabricarea berii	190
8.2. Procedee de obținere a malțului	191
8.3. Obținerea mustului de bere	195
8.4. Fermentarea și condiționarea berii	203
IX. TEHNOLOGIA DE FABRICARE A AMIDONULUI, DEXTRINEI SI GLUCOZEI	207
9.1. Fabricarea amidonului	207
9.2. Fabricarea dextrinei și glucozei	209
X. TEHNOLOGIA DE FABRICARE A SPIRTULUI	212
10.1. Fabricarea spirtului din materii prime amidonoase	212
10.2. Fabricarea spirtului din melasă	216
10.3. Fabricarea spirtului din deșeuri celulozice	217
10.4. Produse secundare rezultate la fabricarea spirtului	218
XI. TEHNOLOGIA DE FABRICARE A ZAHARULUI	220
11.1. Extragerea zahărului din sfeclă, obținerea zemii de difuzie și epuizarea borhotului	220
11.2. Purificarea și concentrarea zemii de difuziune	227
11.3. Cristalizarea zahărului	234
11.4. Uscarea, condiționarea și depozitarea zahărului	238
11.5. Prelucrarea zahărului brut din trestia de zahăr	239
11.6. Valorificarea produselor secundare din industria zahărului	241
XII. TEHNOLOGIA ULEIURILOR VEGETALE	244
12.1. Materii prime și materiale auxiliare pentru obținerea uleiurilor vegetale	244
12.2. Obținerea uleiului brut	245
12.3. Rafinarea uleiurilor vegetale	257
12.4. Hidrogenarea uleiurilor vegetale	263
12.5. Interesterificarea uleiurilor vegetale	266
12.6. Fabricarea margarinei și a grăsimilor vegetale comestibile	267
12.7. Tehnologia de fabricare a altor uleiuri vegetale	270
12.8. Tehnologia de fabricare a halvlei	272
12.9. Tehnologia de obținere a extractelor proteice din soia	273
XIII. TEHNOLOGIA CĂRNII ȘI A PRODUSELOR DIN CARNE	275
13.1. Tehnologia de abator	275
13.2. Materii prime și auxiliare folosite în industria cărnii	276
13.3. Conservarea cărnii	277
13.4. Tehnologia produselor de tip catering	284
13.5. Tehnologia de fabricare a preparatelor din carne	285
13.6. Tehnologia de fabricare a conservelor din carne	294
13.7. Tehnologia de fabricare a semiconservelor din carne	296
13.8. Tehnologia de obținere a concentratelor din carne	298
13.9 Tehnologii de prelucrare a subproduselor și deșeurilor din industria cărnii	299

XIV. TEHNOLOGIA LAPTELUI ȘI A PRODUSELOR LACTATE	304
14.1. Tehnologia laptelui de consum	304
14.2. Tehnologia de fabricare a conservelor de lapte	316
14.3. Tehnologia de fabricare a produselor lactate acide	325
14.4. Tehnologia de fabricare a smântânii	330
14.5. Tehnologia de fabricare a untului	332
14.6. Tehnologia de fabricare a brânzeturilor	335
14.7. Tehnologia de fabricare a înghețatei	346
14.8. Tehnologii de valorificare a subproduselor din industria laptelui	347
XV. TEHNOLOGII ÎN INDUSTRIA MORĂRITULUI ȘI A PRODUSELOR DE PANIFICAȚIE	350
15.1. Tehnologia morăritului și a crupelor	355
15.2. Tehnologia produselor de panificație	357
15.2.1. Tehnologia de fabricare a pâinii și a produselor de franzelărie	357
15.2.2. Tehnologia de fabricare a pastelor făinoase	359
15.2.3. Tehnologia de fabricare a biscuiților	361
15.2.4. Tehnologia de fabricare a produselor făinoase afânate	363
BIBLIOGRAFIE	365

PARTEA I-A OPERAȚII ȘI PROCESE

I. PROCESE DE TRANSFER

1.1. Similitudinea și analiza dimensională

Descoperirea legilor după care se desfășoară fenomenele din natură este rolul investigațiilor efectuate de omul de știință. Aceste investigații pot fi pur teoretice, pot fi cercetări experimentale directe asupra unui fenomen, respectiv cercetări asupra unui model experimental ce reproduce cât mai fidel fenomenul cercetat.

Legile căutate exprimă o relație cantitativă între diferitele mărimi ce caracterizează fenomenul studiat, finalizată, de cele mai multe ori, în ecuații. Caracteristic domeniului tehnic este faptul că elementele ecuațiilor simbolizează mărimi fizice. Dacă legea căutată se exprimă printr-o ecuație matematică ce corelează principalele mărimi ale fenomenului, atunci ecuația constituie modelul matematic al acestuia.

Folosirea modelelor sau a instalațiilor pilot în studiul unui proces, impune în primul rând derivarea criteriilor de similitudine ce guvernează acel proces, criterii ce pot fi deduse din ecuațiile diferențiale ale procesului, fie cu ajutorul analizei dimensionale, fie prin ambele metode. Ele scot în evidență condițiile în care trebuie testată instalația la scară mică, pentru ca rezultatele să poată fi transpuse la scară mare. Totodată se indică dacă există efecte de scară apreciabile și se scot în evidență dacă sunt criteriile de similitudine incompatibile, când un proces nu poate fi reprodus de la o scară mică la una mare și invers.

Similitudinea este un principiu enunțat pentru prima dată de Newton și aplicat la sistemele de particule în mișcare. Astfel, similitudinea se ocupă cu relațiile dintre sistemele fizice de diferite mărimi, în scopul transpunerii la scară mai mică sau mai mare a proprietăților fizice și chimice.

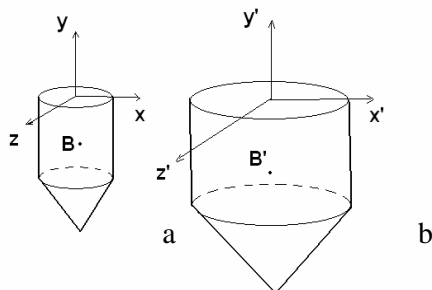
La modul cel mai general, sistemele fizice pot fi caracterizate cu ajutorul a trei calități: mărime, formă și compoziție, toate fiind variabile independente. Două sisteme pot fi diferite ca mărimi, dar au aceeași formă și compoziție. În aceste condiții ele pot fi similare din punct de vedere geometric. Configurația spațială și temporală a unui sistem fizic este determinată de raportul mărimilor sistemului însuși și nu depinde de unitățile în care sunt exprimate aceste mărimi.

Similitudinea poate fi definită pe două căi:

- ▶ cu ajutorul rapoartelor a diferitelor mărimi (factori de formă);
- ▶ cu ajutorul rapoartelor între mărimi corespunzătoare (rapoarte de scară).

Similitudinea geometrică. Considerăm două corpuri prevăzute cu câte un sistem de axe rectangulare (figura 1.1.). Două puncte B și B' din cele două corpuri, de coordonate x,y,z și x',y',z', se numesc puncte corespondente dacă au raportul scării liniare constant, adică:

$$\frac{x'}{x} = \frac{y'}{y} = \frac{z'}{z} = \text{const.} \quad (1.1.)$$



Toate perechile de puncte ale căror coordonate sunt exprimate sub formă de rapoarte egale și constante, sunt puncte corespondente.

Două corpuri sunt geometric asemenea când pentru un punct dintr-un corp există un punct corespondent în celălalt.

Fig. 1.1. Corpuri geometric asemenea: a- model; b- prototip

O definiție mai generală a punctelor corespondente se face cu ajutorul rapoartelor de scară:

$$\frac{x'}{x} = l_x^0; \frac{y'}{y} = l_y^0; \frac{z'}{z} = l_z^0 \quad (1.2.)$$

Aceste rapoarte trebuie să fie constante dar nu și egale. O copie geometrică asemenea prototipului, la o scară mai mică, cu rapoarte de scară egale după toate direcțiile, se numește model, iar când rapoartele diferă după direcții, modelul este distorsionat.

Utilizarea modelelor prezintă avantajul că, în condiții identice, în acesta au loc aceleași fenomene, dar în cantități mai mici.

Similitudinea mecanică. Similitudinea mecanică include trei tipuri de similitudine, statică, cinematică și dinamică, considerate ca extinderi ale similitudinii geometrice la sistemele staționare sau în mișcare, supuse unor solicitări.

Similitudinea statică face referire la corpurile solide care se deformează sub acțiunea unor solicitări constante. Corpurile geometric asemenea sunt similare static, când sub acțiunea tensiunilor constante deformația lor relativă nu modifică similitudinea geometrică.

Similitudinea cinematică studiază sistemele solide sau fluide în mișcare și introduc timpul ca o nouă variabilă. Măsurarea timpului începe de la un zero arbitrar, iar timpul corespondent este definit de timpul pentru care:

$$\frac{t'}{t} = t^0 = const. \quad (1.3.)$$

Diferențele dintre timpii corespondenți poartă denumirea de intervale corespondente.

Sistemele geometrice similare în mișcare sunt similare cinematic când traseul particulelor corespondente au traiectorii geometric asemenea, în intervale de timp corespondente.

Deoarece raportul de scară al timpului este abstract, este mai comod să se lucreze cu viteze corespondente, care reprezintă vitezele corpurilor corespondente la timpii corespondenți.

Similitudinea cinematică este utilă la sistemele fluide geometric asemenea, care sunt similare cinematic și au condiții de curgere geometric similare (viteza de transfer de căldură și de masă se exprimă prin relații simple).

Similitudinea dinamică se ocupă cu forțele corespondente care acționează asupra corpurilor dintr-un sistem dinamic. Forțele de aceeași natură care acționează asupra unor corpuri corespondente, la timpii corespondenți se numesc forțe corespondente.

Sistemele geometric asemenea, în mișcare, sunt similare dinamic atunci când toate rapoartele forțelor corespondente sunt egale:

$$\frac{F_1'}{F_1} = \frac{F_2'}{F_2} = \dots = \frac{F_n'}{F_n} = const. \quad (1.4.)$$

În sistemele fluide acționează următoarele forțe: inerțială, gravitațională, vâscoasă, interfacială, și forța dată de presiune. Rapoartele acestor forțe aplicare în puncte corespondente, exprimate sub formă de grupuri adimensionale, constituie criteriile similitudinii dinamice. În sistemele fluide, similitudinea dinamică este utilă pentru stabilirea căderii de presiune și a consumului de energie.

Similitudinea termică. Întrucât căldura se transmite prin radiație, convecție și conducție, iar potențialul transmiterii căldurii este diferența de temperatură, similitudinea termică introduce temperatura ca un nou parametru. Diferențele de temperatură între două perechi de puncte corespondente, la timpii corespondenți, formează diferențe de temperaturi corespondente.

Sistemele similare geometric și cinematic, aflate în mișcare, vor fi similare termic dacă rapoartele diferențelor de temperaturi corespondente sunt constante. Raportul diferențelor de temperaturi corespondente se numește raportul de scară al temperaturii. Când aceste rapoarte sunt unitare, temperaturile în punctele corespondente sunt egale sau diferă printr-un număr fix de grade.

Similitudinea termică impune ca vitezele corespondente de transfer de căldură să fie într-un raport constant. Astfel cantitatea de căldură ce se transferă prin unitatea de suprafață în unitatea de timp, prin conducție, radiație și convecție, în model (q) și prototip (q'), prin similitudinea termică impune condiția:

$$\frac{q'_c}{q_c} = \frac{q'_r}{q_r} = \frac{q'_{cv}}{q_{cv}} = q^0 = const. \quad (1.5.)$$

De obicei nu este posibilă păstrarea simultană a celor trei rapoarte în toate punctele, astfel că se neglijează componenta a cărei contribuție la procesul de transfer de căldură este neesențială.

Similitudinea chimică. Similitudinea chimică se ocupă cu sisteme în care au loc transformări chimice și compoziția variază în spațiu, iar la procesele discontinue sau ciclice, variază și în timp. Pentru aceste sisteme se introduc unul sau mai mulți parametri de concentrație, în funcție de numărul de componenți chimici variabili și independenți, în raport cu care se face similitudinea.

Diferențele de concentrație între două perechi de puncte corespondente din două sisteme diferite, la timp corespondenți, formează diferențe de concentrație corespondente.

Sistemele similare geometric, termic și cinematic, dacă sunt în mișcare, vor fi similare chimic atunci când rapoartele diferențelor de concentrație corespondente sunt constante

Rapoartele care definesc similitudinea chimică, când există similitudine termică și cinematică sunt:

$$\frac{\text{viteza de transformare chimică}}{\text{viteza de curgere}} \quad \text{sau} \quad \frac{\text{viteza de transformare chimică}}{\text{viteza difuziunii moleculare}}$$

Similitudinea între sisteme poate fi exprimată în termeni de criterii, care sunt rapoarte intrinseci ale parametrilor ce caracterizează sistemele. Aceste rapoarte se numesc criterii de similitudine. Prin urmare, două sisteme sunt similare dacă rapoartele parametrilor sunt constante.

Criteriile de similitudine se exprimă sub forma unor funcții. Funcțiile în care variabilele și constantele dimensionale sunt înlocuite cu criterii de similitudine se numesc funcții criteriale:

$$f(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{m-n}) = const. \quad (1.6.)$$

În cele mai multe cazuri, funcțiile criteriale sunt puse sub forma unor ecuații criteriale:

$$\pi_i = k \cdot \pi_1^{n_1} \cdot \pi_2^{n_2} \cdot \pi_3^{n_3} \dots \quad (1.7.)$$

Mărimea π reprezintă criteriul determinant pentru un proces anume și el conține acel parametru necunoscut ce urmează a fi calculat.

Utilitatea similitudinii sistemelor este dată de posibilitatea ca datele experimentale obținute pe modele sau stații pilot, să fie transpuse la scară în practică. Acest lucru este posibil dacă pentru procesul studiat se cunosc criteriile specifice.

În unele situații transpunerea la o altă scară a rezultatelor nu este posibilă, întrucât criteriile sunt incompatibile. De aceea la studiul unui proces complex (fizic sau chimic) este mai convenabil alegerea acelor condiții de lucru la care viteza procesului global să depindă de un singur criteriu adimensional. Prin alegerea unui criteriu în funcție de procesul elementar determinant, ecuația criterială se simplifică și ajută la obținerea ecuațiilor de modelare.

Analiza experimentală reprezintă acea tehnică folosită în exprimarea comportării unui sistem fizic printr-un număr minim de variabile independente și în acea formă ce nu este afectată de modificarea unităților de măsură.

Pentru a putea utiliza analiza dimensională este necesară o cunoaștere profundă a aceluși proces, prin luarea în considerație a tuturor variabilelor care îl influențează în mod semnificativ.

O altă utilitate a analizei dimensionale este cea legată de convertirea unităților de măsură dintr-un sistem într-altul, precum și la verificarea ecuațiilor fizice pe baza omogenității lor dimensionale.

1.2. Unități de măsură și dimensiuni

Caracteristic ecuațiilor folosite în tehnică este faptul că elementele lor constituente reprezintă mărimi fizice și care se pot exprima prin unități de măsură.

În Sistemul Internațional se disting trei clase de unități SI:

- ◆ unități fundamentale;
- ◆ unități derivate;
- ◆ unități suplimentare.

Din punct de vedere științific, această clasificare a unităților SI conține un element arbitrar, ea nefiind impusă în mod univoc de legile fizicii. Totuși, pentru a beneficia de avantajele adoptării unui sistem practic unic, folosit în toate domeniile, Conferința Generală de Măsură și Greutăți (CGPM) a decis ca Sistemul Internațional să aibă la bază șapte unități bine definite, considerate independente din punct de vedere dimensional (tabelul 1.1.). Aceste unități SI sunt denumite unități fundamentale.

Tabelul 1.1. Unități SI fundamentale

Mărimea	Denumirea	Simbol
Lungime	metru	m
Masă	kilogram	kg
Timp	secundă	s
Intensitate a curentului electric	amper	A
Temperatură termodinamică	Kelvin	K
Cantitate de substanță	mol	mol
Intensitate luminoasă	candelă	cd

Unitățile derivate pornesc de la unitățile fundamentale și sunt date de expresii algebrice care utilizează simbolurile matematice de înmulțire și împărțire. Multe din aceste unități derivate au căpătat o denumire specială și au un anumit simbol care, la rândul lor pot fi folosite pentru exprimarea unor unități derivate, mai simplu decât pe baza unităților fundamentale.

Unitățile derivate se pot clasifica în trei grupe:

- unități SI derivate exprimate în funcție de unitățile fundamentale (tabelul 1.2.);
- unități SI derivate cu denumiri speciale (tabelul 1.3.);
- unități SI derivate care se exprimă folosind denumiri speciale (tabelul 1.4.).

O unitate derivată poate fi exprimată în mai multe moduri echivalente, folosind denumiri ale unităților fundamentale și denumiri ale unităților derivate.

Tabelul 1.2. Exemple de unități derivate, exprimate în funcție de unitățile fundamentale

Mărimea	Unitate SI	
	Denumire	Simbol
Arie	metru pătrat	m ²
Volum	metru cub	m ³
Viteză	metru pe secundă	m/s
Accelerație	metru pe secundă la pătrat	m/s ²
Număr de undă	1 pe metru	m ⁻¹
Densitate (masă volumică)	kilogram pe metru cub	kg/m ³
Densitate de curent	amper pe metru pătrat	A/m ²
Câmp magnetic	amper pe metru	A/m
Concentrație (a cantității de substanță)	mol pe metru cub	mol/m ³
Volum masic	metru cub pe kilogram	m ³ /kg
Luminanță luminoasă	candelă pe metru pătrat	cd/m ²

Tabelul 1.3. Unități SI derivate cu denumiri speciale

Mărimea	Unitatea SI			
	Denumire	Simbol	Expresia în alte unități SI	Expresia în unități SI fundamentale
Frecvență	hertz	Hz		s^{-1}
Forță	newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Presiune, tensiune mecanică	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energie, lucru mecanic, cantitate de căldură	Joule	J	Nm	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Putere, flux energetic	watt	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Cantitate de electricitate, sarcină electrică	coulomb	C		$s \cdot A$
Potențial electric, tensiune electrică	volt	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Capacitate electrică	farad	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Rezistență electrică	ohm	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Conductanță	siemens	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Fluxul inducției magnetice	weber	Wb	V/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Inducție magnetică	tesla	T	Wb/m ²	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Inductanță	henry	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Temperatură Celsius	grad Celsius	°C		K
Flux luminos	lumen	lm		cd·sr
Iluminare	lux	lx	lm/m ²	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$
Doză absorbită, indice de doză absorbită, kerma	gray	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$

Tabelul 1.4. Exemple de unități SI derivate care se exprimă folosind denumiri speciale

Mărimea	Unitatea SI		
	Denumirea	Simbol	Expresia în unități SI fundamentale
Vâscozitate dinamică	pascal-secundă	Pa·s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
Momentul unei forțe	metru-newton	N·m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Tensiune superficială	newton pe metru	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
Densitate de flux termic, iluminare energetică	watt pe metru pătrat	W/m ²	$kg \cdot s^{-3}$
Capacitate termică, entropie	joule pe kelvin	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
Capacitate termică masică, entropie masică	joule pe kilogram-kelvin	J/(kg·K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
Energie masică	joule pe kilogram	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
Conductivitate termică	watt pe metru-kelvin	W/(m·K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
Energie volumică	joule pe metru cub	J/m ³	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Intensitatea câmpului electric	volt pe metru	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Energie molară	joule pe mol	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
Entropie molară, capacitate termică molară	joule pe mol-kelvin	J/(mol·K)	$M^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

În cea de-a treia clasă, numită „clasa unităților suplimentare”, sunt cuprinse doar două unități pur geometrice (tabelul 1.5.). Acestea sunt folosite la obținerea unor unități derivate, câteva exemple fiind prezentate în tabelul 1.6.

Tabelul 1.5. Unități SI suplimentare

Mărimea	Unitatea SI	
	Denumirea	Simbol
Unghi plan	radian	rad
Unghi solid	steradian *	sr

Tabelul 1.6. Exemple de unități derivate exprimate cu ajutorul unităților suplimentare

Mărimea	Unitatea SI	
	Denumire	Simbol
Viteză unghiulară	radian pe secundă	rad/s
Accelerație unghiulară	radian pe secundă la pătrat	rad/s ²
Intensitate energetică	watt pe steradian	W/sr
Illuminanță energetică	watt pe metru pătrat-steradian	W/m ² ·sr ⁻¹

* steradianul este unghiul solid care, având vârful în centrul unei sfere, delimitează pe suprafața acestei sfere o arie egală cu cea a unui pătrat a cărui latură este egală cu raza sferei.

Același organism internațional (CGPM) a stabilit denumirile și prefixele destinate formării multiplilor și submultiplilor zecimali ai unităților SI (tabelul 1.7.).

Tabelul 1.7. Prefixele SI

Factorul de multiplicare	Prefixul	Simbolul	Factorul de multiplicare	Prefixul	Simbolul
10 ¹⁸	exa	E	10 ⁻¹	deci	d
10 ¹⁵	peta	P	10 ⁻²	centi	c
10 ¹²	tera	T	10 ⁻³	mili	m
10 ⁹	giga	G	10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁶	mega	M	10 ⁻⁹	nano	n
10 ³	kilo	k	10 ⁻¹²	pico	p
10 ²	hecto	h	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ¹	deca	da	10 ⁻¹⁸	atto	a

S-a constatat că utilizatorii Sistemului Internațional vor avea nevoie să folosească împreună cu acesta anumite unități care nu fac parte din SI, dar care joacă un rol important și sunt larg răspândite (tabelul 1.8.).

În literatura de specialitate se mai întâlnesc și unele unități ale sistemului CGS (centimetru-gram-secundă) care au căpătat o denumire specială dar care nu se recomandă a fi folosite. În privința unităților care nu fac parte din Sistemul Internațional și care nu se încadrează în categoriile amintite anterior, este preferabil să fie evitate și înlocuite prin unități ale Sistemul Internațional. Câteva exemple de asemenea unități sunt prezentate în tabelul 1.9.

Descrierea proceselor fizice se face cu ajutorul unor ecuații care, din punct de vedere dimensional, sunt omogene, acesta fiind și principiul omogenității dimensionale. Deoarece s-a demonstrat că o ecuație corectă și completă nu este obligatoriu și dimensional omogenă, principiul omogenității dimensionale se modifică astfel: “o ecuație fizică este fie omogenă dimensional, fie poate fi rezolvată în două sau mai multe ecuații separate care sunt omogene dimensional”. Valabilitatea unei ecuații trebuie să se păstreze dacă se modifică unitățile de măsură.

Tabelul 1.8. Unități folosite împreună cu Sistemul Internațional

Denumirea	Simbolul	Valoarea în unitatea SI
Minut	min	1 min=60 s
Oră	h	1 h =61 min=3600 s
Grad	°	1°=($\pi/180$) rad
Minut	'	1'=(1/60)°=($\pi/10800$) rad
Secundă	"	1"=(1/60)'=($\pi/648000$) rad
Litru	l	1 l=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
Tonă	t	1 t=10 ³ kg
Milă marină		1 milă marină =1852 m
Nod		1 milă marină pe oră=(1852/3600) m/s
Ar	a	1 a=1 dam ² =10 ² m ²
Hectar	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
Bar	bar	1 bar=0,1 Mpa=10 ⁵ Pa
Atmosferă normală	atm	1 atm=101325 Pa

Tabelul 1.9. Unități CGS și alte unități nerecomandate

Denumire	Simbol	Valoarea în unități SI	Denumire	Simbol	Valoarea în unități SI
Erg	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J	Torr	torr	1 torr=(101325/760) Pa
Dynă	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N	Calorie	cal	1 cal=4,1868 J
Poise	P	1 P=1 dyn·s/cm ² =0,1 Pa·s	Kilogram forță	kgf	1 kgf=9,80665 N
Stokes	St	1 St=1cm ² /c ² =10 ⁻⁴ m ² /s	Micron	μ	1 μ=1 μm =10 ⁻⁶ m

Într-o ecuație fizică se pot găsi trei feluri de mărimi:

- ▶ variabile fizice;
- ▶ constante dimensionale: au formele dimensionale similare cu ale variabilelor fizice și pot fi considerate ca un factor de conversie introdus într-o ecuație;
- ▶ constante numerice: valoarea lor numerică nu se schimbă când se modifică unitățile de măsură.

Utilizând analiza dimensională, dintr-un număr dat de variabile fizice și constante dimensionale se poate obține un număr complet de criterii (grupuri) adimensionale, fiecare criteriu fiind independent de celelalte. Din aceleași variabile și constante se poate obține un alt grup adimensional, ca un produs de puteri ale criteriilor din setul complet. Cu ajutorul acestor grupuri adimensionale se pot obține ecuațiile criteriale.

Teorema π sau teorema lui Buckingham face unele precizări:

- soluția unei ecuații fizice, dimensional omogene, poate fi scrisă ca o funcție de setul complet de grupuri adimensionale (relația 1.6.);
- o ecuație formată din „n” variabile și constante dimensionale independente, exprimată prin „m” unități fundamentale independente, are ca soluție o ecuație criterială formată din „n-m” grupuri adimensionale independente; funcția criterială se exprimă sub forma unui produs de puteri (relația 1.7.) la care, pentru a stabili condițiile de similitudine, exponenții și constantele nu trebuie cunoscute.

În general, pentru majoritatea proceselor fizice sau chimice din industria alimentară s-au stabilit ecuațiile diferențiale, a căror rezolvare, de cele mai multe ori, nu este posibilă. Doar procesele singulare ce se desfășoară în dispozitive cu geometrie simplă permit uneori o simplificare a ecuațiilor diferențiale, precum și integrarea lor.

Criteriile de similitudine se pot obține în două feluri:

- din ecuațiile diferențiale: metoda cea mai recomandată deoarece scoate în evidență semnificația fizică a criteriilor adimensionale;
- prin analiza dimensională, când nu se cunosc ecuațiile diferențiale; stabilirea setului complet de grupuri adimensionale se realizează prin metoda indicilor și metoda matricei dimensionale.

Studiile și cercetările pe model sau stație pilot și care reprezintă un sistem omolog cu cel al instalației prototip, au avantajul că în ecuațiile de modelare mărimile corespondente se exprimă în funcție numai de raportul de scară.

Un sistem fizic poate fi static, dinamic, termic, chimic, etc., iar în cadrul lui se pot desfășura succesiv sau în paralel mai multe procese. Viteza globală a procesului, pentru procese care se desfășoară succesiv (în serie), este mai mică decât viteza procesului elementar a cărui viteză este cea mai lentă. Un astfel de proces se mai numește și proces determinant deoarece de viteza acestuia depinde viteza procesului global.

Denumirea de regim este utilizată pentru a evidenția procesul determinant și în funcție de acesta putem avea regim chimic, termic, dinamic, mixt (când două procese elementare sunt determinante), etc.

Determinarea pe cale experimentală a regimului determinant presupune observarea influenței diferitelor variabile (cele mai importante fiind temperatura, condițiile hidrodinamice și granulația) asupra procesului global.

În cazul studierii proceselor fizice și chimice complexe, acest lucru trebuie făcut în acele condiții în care viteza procesului global să depindă de un singur criteriu de similitudine (regimul să fie pur) sau de cel mult două criterii de similitudine (pentru sistemele neomogene).

Deducerea criteriilor de similitudine și aducerea lor la forma ecuațiilor criteriale, permite determinarea diverșilor parametri și coeficienți. În aceste condiții, fiecare criteriu, izolat, este util în stabilirea ecuațiilor de modelare, ecuații care reprezintă rapoartele între mărimile corespondente, pentru care există similitudine.

Prin urmare, pentru orice situație în parte trebuie să se stabilească procesul elementar determinant (de obicei pe cale experimentală). Deoarece regimul pur depinde de un singur criteriu de similitudine, cu ajutorul acestuia se vor obține principalele ecuații de modelare.

1.3. Transferul de impuls

Transferul de impuls constituie un proces fundamental în industria alimentară deoarece, în foarte multe situații, realizarea unei operații presupune aducerea unor fluide în stare de curgere. Astfel, pentru a putea rezolva asemenea probleme sunt necesare cunoștințe de bază privind statica și dinamica fluidelor.

Fluidele sunt acea stare a materiei caracterizată printr-o mare mobilitate a moleculelor și printr-o rezistență foarte mică la deformare. Dacă asupra unui fluid acționează o tensiune tangențială constantă, acesta se deformează, iar dacă tensiunea nu-si încetează acțiunea, deformarea poate atinge orice valoare. În aceste condiții viteza de deformare este constantă și depinde de vâscozitatea fluidului. Se numește curgere, deformarea continuă a unui fluid sub acțiunea unei tensiuni.

Statica se ocupă cu studiul fluidelor în stare de echilibru și acțiunea lor asupra suprafețelor solide cu care vin în contact.

Odată cu introducerea conceptului de strat limită de către Prandtl, teoria asupra dinamicii fluidelor a cunoscut o dezvoltare considerabilă. Astfel a apărut „reologia” ca o ramură a fizicii ce se ocupă cu comportarea corpurilor deformabile, care posedă cel puțin una din proprietățile vâscozitate, elasticitate, plasticitate, fiind definită ca știința curgerii și a deformării.

1.4. Transferul de căldură

Fenomen complex, transferul de energie termică este rezultanta existenței unei diferențe de temperatură sau potențial termic, care este de fapt forța motrice. Prezența unui potențial termic face ca, în mod spontan, transferul de energie să se realizeze de la corpul cu temperatura mai ridicată la corpul cu temperatura mai scăzută.

Analiza fenomenelor termice din punct de vedere al transformării de energie, din căldură în lucru mecanic sau trecerea unui tip de căldură în alt tip de căldură (călduri latente, călduri sensibile), face obiectul de studiu al termodinamicii.

Transferul căldurii poate fi realizat în trei moduri distincte: prin conducție, prin convecție și prin radiație. Deoarece în practică cele trei moduri de transmitere a căldurii se pot desfășura simultan, după studiul fiecărui mod de transfer separat se face un studiu sintetic al fenomenului de transfer de căldură, denumit transfer global de căldură.

1.5. Transferul de masă

În urma transformărilor fizice sau a reacțiilor chimice rezultă amestecuri de substanțe solide, lichide sau gazoase, respectiv amestecuri de două sau trei faze. Deoarece nu pot fi folosite ca atare, substanțele din amestecuri trebuie să fie separate, fie se modifică concentrația unui component din amestec (aceasta presupune introducerea sau îndepărtarea unui component al amestecului).

În cele ce urmează se va studia separarea fizică bazată pe transferul de substanță dintr-o fază în alta (fenomenul fizic fiind difuziunea), folosind diferențele de presiuni de vapori, concentrații, solubilitate, uneori însoțite și de un gradient termic, spre deosebire de separarea mecanică pură ce face uz de diferențele de densitate, dimensiunile particulelor, mediile filtrante.

Se poate constata o asemănare mare între legile ce guvernează transferul de masă și legile de bază ale transferului de căldură, analogia având însă anumite limite.

II. OPERAȚII CU TRANSFER DE IMPULS

2.1. Transportul lichidelor alimentare

Deplasarea lichidelor prin conducte și aparate se poate face sub acțiunea unei energii primite din exterior sau sub acțiunea energiei potențiale, generată de o diferență de potențial.

Energia primită din exterior este transformată cu ajutorul pompelor în energie de presiune, energie potențială sau energie cinetică, în funcție de necesități.

Pentru a determina un lichid să curgă, să se deplaseze, se pot folosi mai multe metode:

- prin acțiunea forței centrifuge: pompele transferă energia cinetică lichidului sub acțiunea forței centrifuge;
- prin deplasarea unui volum de lichid: introducerea în volumul dislocuit a altui lichid (pompe cu piston, pompe cu palete rotative);
- prin folosirea unui impuls mecanic: metoda este combinată cu alt mijloc de producere a mișcării (pompa cu turbină);
- prin transferul de impuls: accelerarea unui lichid pentru a transfera impulsul său unui alt fluid (injectoare, ejectoare);
- prin folosirea unui câmp magnetic: lichidele bune conducătoare de electricitate pot fi puse în mișcare de un câmp magnetic adecvat.

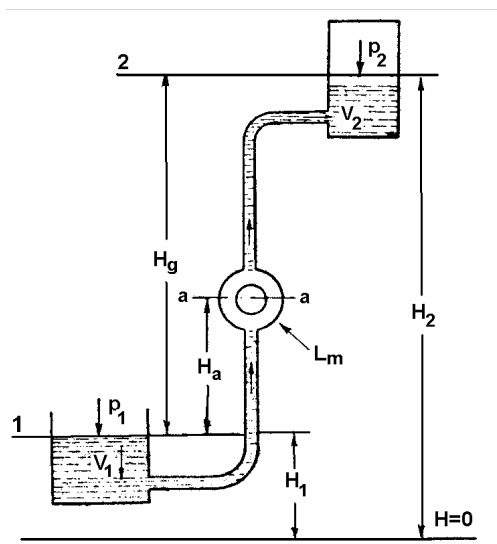
O pompă deservește de obicei un sistem format din spațiul de aspirație, spațiul de refulare, respectiv ansamblul de conducte și armături. Mărimile caracteristice se referă fie la pompă, fie la sistem, fie atât la pompă cât și la sistem.

Debitul masic al pompei reprezintă masa lichidului transportat de pompă în unitatea de timp. Mai frecvent este utilizat în calcule debitul volumic, care reprezintă volumul de lichid transportat în unitatea de timp.

Raportul dintre debitul volumic real (Q_v) și cel teoretic (Q_{vt}) reprezintă randamentul volumic al pompei:

$$\eta_v = \frac{Q_v}{Q_{vt}} \quad (2.1.)$$

În sistemul din figura 2.1., la scrierea bilanțului energiilor pentru unitatea de masă de lichid ce se deplasează, când densitatea ρ rămâne constantă, se folosește ecuația:



$$g \cdot \Delta H + \frac{1}{2} \Delta v^2 + \frac{\Delta p}{\rho} + \frac{\Delta p f}{\rho} = L_M \quad (2.2.)$$

în care gH este energia potențială;

$1/2v^2$ - energia cinetică;

p/ρ - energia statică;

pf/ρ - pierderea de energie la frecarea lichidului cu conductele;

L_M - energia mecanică ce trebuie transferată lichidului pentru a fi transportat între cele două nivele.

Se împarte relația (2.2.) prin g și se obține:

Fig. 2.1. Schema de calcul a sistemului

$$\Delta H + \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta v^2}{g} + \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + \frac{\Delta p f}{\rho \cdot g} = \frac{L_M}{g} = H_m \quad (2.3.)$$

H_m se numește înălțimea manometrică a sistemului și exprimă fizic echivalentul în presiune a energiei pe care pompa trebuie să o transfere lichidului, pentru sistemul studiat. Acest lucru presupune că pompa va mări viteza lichidului de la intrarea în camera de aspirație v_1 , la valoarea v_2 la ieșirea din camera de refulare. De asemenea, va crește presiunea statică a lichidului de la valoarea p_1 la valoarea p_2 și va ridica lichidul de la cota H_1 la cota H_2 .

În aceste condiții ecuația (2.3.) capătă forma:

$$H_m = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + \frac{\Delta p f}{\rho \cdot g} + H_2 - H_1 \quad (2.4.)$$

Pentru o pompă aflată în funcțiune bilanțul de energie transferată efectiv lichidului de către pompă, în termeni de înălțimi, se scrie sub forma:

$$H_{me} = \frac{v_r^2 - v_a^2}{2g} + \frac{p_r - p_a}{\rho \cdot g} + H_0 \quad (2.5.)$$

în care H_{me} este înălțimea manometrică efectivă a pompei;

v_a – viteza lichidului la aspirație în pompă;

v_r – viteza medie a lichidului la ieșirea din pompă;

p_a – presiunea statică a lichidului la intrarea în pompă;

p_r – presiunea statică a lichidului la ieșirea din pompă;

H_0 – diferența pe verticală între punctele de măsurare a presiunilor.

Dacă se ține cont și de energia transmisă lichidului pentru învingerea frecărilor, atunci se obține înălțimea manometrică teoretică a pompei (H_{mt}). Raportul celor două înălțimi manometrice definesc randamentul hidraulic al pompei:

$$\eta_h = \frac{H_{me}}{H_{mt}} \quad (2.6.)$$

Amplasarea pompei în sistemul pe care îl deservește este dată de înălțimea de aspirație (înălțimea până la care pompa mai aspiră lichid, fără ca acesta să se transforme parțial în vapori, în condițiile în care se realizează aspirația). Pentru determinarea înălțimii de aspirație H_a se scrie ecuația bilanțului energiilor lichidului între secțiunile 1-1 și a-a la nivelul pompei (cota axului racordului de aspirație).

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} + H_1 = \frac{p_a}{\rho \cdot g} + \frac{v_a^2}{2g} + (H_a + H_1) + \frac{\Delta p f_a}{\rho \cdot g} \quad (2.7.)$$

Când pompa aspiră dintr-un spațiu deschis, p_1 este presiunea barometrică p_b la suprafața lichidului. De asemeni, în corpul pompei presiunea, când se face aspirația, nu trebuie să fie mai mică decât presiunea de vapori a lichidului p_l , la temperatura de aspirație.

În general termenul cinetic are valori mici și se neglijează, astfel că înălțimea de aspirație se calculează din condiția:

$$H_a \leq \frac{p_b}{\rho \cdot g} - \frac{p_l}{\rho \cdot g} - \frac{\Delta p f_a}{\rho \cdot g} \quad (2.8.)$$

Cunoscând debitul volumic de lichid deplasat în sistem, din relația de mai sus se obține puterea necesară:

$$P_n = \frac{H_m \cdot \rho \cdot g \cdot Q_v}{1000} \text{ [kW]} \quad (2.9.)$$

2.2. Separarea sistemelor eterogene

Se numesc sisteme eterogene amestecurile de doi sau mai mulți componenți, ce se găsesc în stări de agregare diferite. Un sistem neomogen este alcătuit dintr-o fază dispersă, fin divizată și dintr-o fază dispersantă ce înconjoară particulele fazei disperse.

Sistemele eterogene se pot clasifica, în funcție de starea de agregare a fazei disperse, ca în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1. Sisteme eterogene disperse

Faza dispersantă	Faza dispersă	Sistemul
Gaz	lichid	ceață, aerosoli
	solid	praf, fum
Lichid	gaz	spumă
	lichid nemiscibil	emulsie
	solid	suspensie

În industria alimentară sistemele eterogene rezultă în urma unor operații mecanice (mărunțire, cernere, amestecare, transport pneumatic), operații cu transfer de masă (uscare, extracție, cristalizare) sau operații cu transfer de căldură (evaporare).

Separarea sistemelor eterogene în fazele componente urmărește fie utilizarea separată a fazelor, fie purificarea fazei dispersante și se realizează astfel:

- ◆ sub acțiunea unei forțe ce acționează diferit asupra celor două faze (forță gravitațională, forță centrifugă, forța câmpului electrostatic, forța câmpului sonic, etc.);
- ◆ prin reținerea fazei disperse pe materiale filtrante.

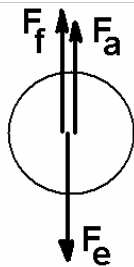
2.2.1. Separarea sistemelor eterogene gaz-solid și gaz-lichid

Sedimentarea este o operație de separare a sistemelor eterogene fluide în fazele componente. Acest lucru se datorează acțiunii forței gravitaționale sau a forței centrifuge asupra fazelor care au densități diferite. În raport cu concentrația fazei disperse, sedimentarea poate fi:

- liberă, când concentrația este mică iar particulele se depun fără a interacționa între ele;
- frânată sau încetinită, când concentrația este mare iar particulele interacționează între ele în timpul depunerii, încetinind procesul.

Principalul parametru la separarea sistemelor eterogene este viteza de sedimentare.

Asupra unei particule de masă m_p din faza dispersă, aflată în mediul fluid (faza dispersantă) acționează următoarele forțe (fig.2.2.):



F_e – forța exterioară, în N;

F_a – forța lui Arhimede sau forța de plutire, în N;

F_f – forța de frecare de rezistență pe conturul particulei, în N.

Cele trei forțe însumate vor da o rezultantă care, va determina sensul de deplasare a particulei și care depinde de densitățile celor două faze: ρ_p – densitatea particulei și ρ_f – densitatea fluidului (în kg/m^3).

Pentru sistemele eterogene la care

$\rho_p > \rho_f$ mișcarea particulei va fi dată de relația:

$$F_e - F_a - F_f = m_p \frac{dv}{dt} \quad (2.10.)$$

unde $\frac{dv}{dt}$ este accelerația mișcării particulei.

Forța de plutire este dată de relația:

$$F_a = m_f \cdot a = (\rho_f \cdot V_f) \cdot a = m_p \frac{\rho_f}{\rho_p} a \quad (2.11.)$$

în care m_f este masa de fluid dislocată de particulă;

V_f – volumul de fluid dislocat.

Forța externă poate fi forța de gravitație sau forța centrifugă ($F_e = m_p \cdot g$ sau $F_e = m_p \cdot \omega^2 \cdot r$, r fiind raza particulei, în m).

Forța de rezistență se determină din condiția că sedimentarea este de fapt o curgere în jurul unor corpuri imersate:

$$F_f = \xi \cdot A \cdot \rho_f \cdot \frac{v^2}{2} \quad (2.12.)$$

în care A este aria secțiunii transversale a particulei, în m^2 ;

ξ - coeficient de rezistență.

În aceste condiții relația (2.10.) devine:

$$m_p \frac{dv}{dt} = m_p \cdot a - m_p \cdot a \frac{\rho_f}{\rho_p} - \xi \cdot A \cdot \rho_f \cdot \frac{v^2}{2} \quad (2.13.)$$

sau sub forma:

$$m_p \frac{dv}{dt} = m_p \cdot a \left(1 - \frac{\rho_f}{\rho_p} \right) - \xi \cdot A \cdot \rho_f \cdot \frac{v^2}{2} \quad (2.14.)$$

La început particula se deplasează cu o mișcare uniform accelerată. Ca urmare forța de rezistență crește de la valoarea zero la o valoare maximă ce corespunde momentului când

$\sum F = 0$, adică $\frac{dv}{dt} = 0$. Rezultă că viteza devine constantă ($v = v_0 = const.$), ceea ce reprezintă de fapt viteza de sedimentare liberă și care este viteza maximă în cădere liberă a particulei. Odată atinsă această valoare particula se va deplasa cu o viteză uniformă.

În aceste condiții, pentru $a=g$, din relația (2.14.) se obține:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2m_p \cdot g \cdot \rho_p - \rho_f}{\xi \cdot \rho_f \cdot A \cdot \rho_p}} \quad (2.15.)$$

Pentru particule sferice cu diametrul d, considerând $V_p = \frac{m_p}{\rho_p}$, viteza de sedimentare liberă este:

$$v_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot d \cdot g \cdot \rho_p - \rho_f}{3 \cdot \xi \cdot \rho_f}} \text{ [m/s]} \quad (2.16.)$$

Pe de altă parte, viteza de sedimentare liberă depinde de caracteristicile fizice ale fluidului, mișcarea particulelor fiind caracterizată prin criteriul Reynolds [$\xi = f(Re)$], în funcție de care se obțin vitezele de sedimentare liberă în regim laminar ($Re < 0,4$), în regim intermediar ($0,4 < Re \leq 500$) și în regim turbulent ($Re > 500$), relații valabile pentru particule sferice.

Toate relațiile stabilite până acum au aplicabilitate la sistemele eterogene la care faza dispersă are concentrații mici. În cazul concentrațiilor mari viteza de sedimentare frânată are forma:

$$v_f = e \cdot v_0 \quad (2.17.)$$

în care e este un factor ce ține cont de densitatea și vâscozitatea suspensiei.

Dificultăți mari apar la calculul vitezei de sedimentare a particulelor foarte fine, ca urmare a numărului foarte mare de factori ce influențează sedimentarea.

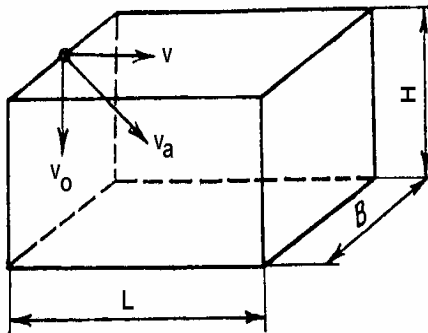
Alegerea metodei adecvate de separare a sistemelor gazoase eterogene depinde de mărimea particulelor fazei disperse, concentrația fazei disperse, cantitatea de gaz supusă separării, etc.

Principalele metode folosite la separarea sistemelor eterogene gazoase se pot grupa astfel:

- ◆ purificarea mecanică sau uscată a gazelor;
- ◆ purificarea umedă a gazelor;
- ◆ filtrarea gazelor;
- ◆ purificarea electrică a gazelor;
- ◆ purificarea sonică a gazelor.

Purificarea mecanică constă în sedimentarea particulelor din masa unui gaz sub acțiunea unei forțe mecanice: de gravitație, de inerție sau centrifugă.

În primul caz pe traseul conductei de transport se realizează o mărire semnificativă a secțiunii de curgere (fig. 2.3.). Ca urmare a scăderii turbulenței, sub acțiunea forței gravitaționale particulele se vor depune.



Pentru o secțiune de curgere paralelipedică productivitatea, exprimată în funcție de debitul de gaz prelucrat, este:

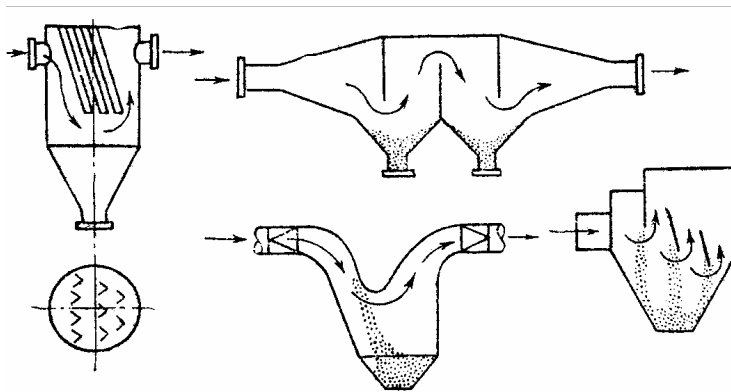
$$Q_v = B \cdot H \cdot v \quad (2.18.)$$

în care v este viteza gazului la intrarea în secțiunea paralelipedică.

Dacă se ține cont că $v=L/t$, t fiind timpul de staționare a particulei în camera paralelipedică și că, pentru ca particula să sedimenteze, trebuie ca acesta să fie egal cu timpul de sedimentare $t_s=H/v_o$, rezultă productivitatea sub forma:

$$Q_v = B \cdot L \cdot v_o \quad (2.19.)$$

Fig.2.3. Principiul camerei de desprăfuire



În asemenea camere de sedimentare se pot separa particule a căror diametru depășește $50 \mu\text{m}$.

La separarea inerțială, pe conducta de transport se pot instala șicane având diverse forme (fig.2.4.) sau gazul este trecut prin aparate speciale (fig.2.5.).

Fig.2.4. Șicane pentru sedimentare

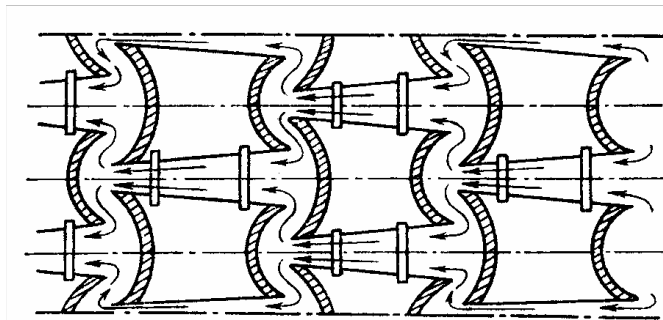


Fig.2.5. Separator inerțial cu ajutoare

La trecerea gazului prin zona șicanelor, ca urmare a inerției, particulele se vor separa prin depunerea lor la partea inferioară, de unde se pot evacua.

Prin folosirea forței centrifuge se mărește viteza de

sedimentare a particulelor, comparativ cu forța gravitațională, mărind semnificativ eficacitatea la separarea particulelor de dimensiuni mici.

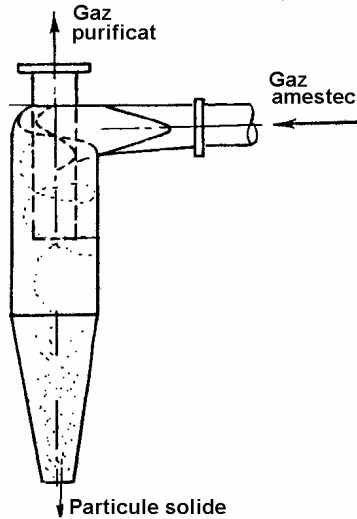
Ciclonul (fig.2.6.) este aparatul ce funcționează pe acest principiu. Astfel, amestecul de gaz cu particule solide este introdus tangențial și ca urmare a traiectoriei spiralate, particulele se ciocnesc de peretele cilindric și se depun spre partea inferioară tronconică, gazul fiind evacuat prin tubul central.

Purificarea umedă a gazelor constă în spălarea amestecului gaz-solid cu un lichid, de obicei apă, în scopul reținerii particulelor solide și a compușilor solubili din amestec. Creșterea masei particulelor, ca efect al umezirii, favorizează separarea atât în câmp gravitațional, cât și în câmp centrifugal.

Filtrarea gazelor constă în trecerea amestecului printr-un material filtrant poros, pe a cărei suprafață se rețin particulele solide.

În acest caz se definește viteza de filtrare ca fiind cantitatea de gaz ce trece prin unitatea de suprafață filtrantă, în unitatea de timp. Acest parametru determină capacitatea de filtrare și depinde atât de presiunea gazului, cât și de rezistența opusă de stratul filtrant.

Purificarea electrică a gazelor presupune trecerea amestecului gazos printr-un câmp electric, creat de doi electrozi cu diferența de potențial de 10-60 kV. Prin ionizare



particulele primesc sarcini electrice și se descarcă (totodată se depun) pe electrodul de semn contrar: Metoda este foarte folosită la separarea particulelor foarte mici ($< 10 \mu\text{m}$), având un randament foarte ridicat.

Purificarea sonică a gazelor are la bază proprietatea particulelor solide și lichide de a se aglomera, sub influența undelor sonore. Odată aglomerate, particulele se supun separării într-un ciclon. Prin procedeul sonic se pot separa particule cu dimensiuni sub $10 \mu\text{m}$, frecvența undelor fiind cuprinsă între 1-100 kHz.

Fig.2.6. Ciclon

2.2.2. Separarea amestecurilor lichid-gaz și lichid-lichid

Aceste sisteme eterogene au o fază dispersantă lichidă și o fază dispersă sub formă de gaz (rezultă spume) sau un alt lichid nemiscibil (rezultă emulsii), fiind foarte stabile, fapt ce crează dificultăți la separarea lor în faze constituente.

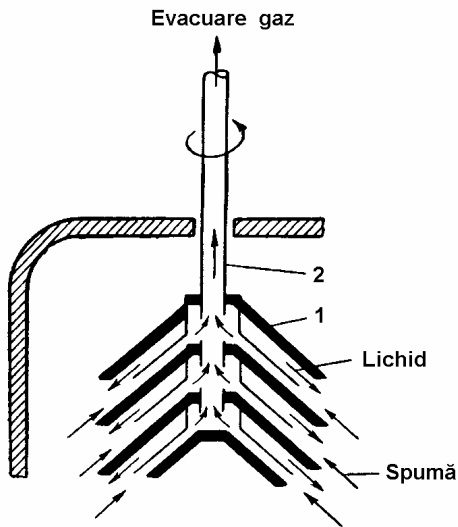


Fig.2.8. Separator de spumă

Separarea spumelor se bazează pe folosirea forței centrifuge în aparate speciale (fig.2.8.).

Spuma pătrunde între discurile 1, antrenate în mișcare de rotație de axul 2 și ca efect al forței centrifuge, lichidul se întoarce în cuvă iar gazul este evacuat prin canalul din arbore.

Pentru mărirea eficacității separării, discurile sunt prevăzute cu șicane radiale.

Separarea emulsiilor. Emulsiile, în funcție de mărirea particulelor de lichid dispersat, pot fi:

- coloidale, când dimensiunile particulelor sunt mai mici de $0,1 \mu\text{m}$;
- tulburi, când dimensiunile particulelor sunt cuprinse între $0,1-0,5 \mu\text{m}$;
- fine, când dimensiunile particulelor sunt cuprinse între $0,5-100 \mu\text{m}$;

- grosiere, când dimensiunile particulelor sunt mai mari de $100 \mu\text{m}$;

O trăsătură specifică emulsiilor este posibilitatea inversării fazelor. Ca urmare a creșterii concentrației fazei disperse aceasta se transformă în fază dispersantă, în care particulele celuilalt lichid devin fază dispersă.

Separarea emulsiilor are la bază principiul reducerii vâscozității și distrugerea peliculei stabilizante care învelește particulele dispersate.

În funcție de metodele folosite, separarea emulsiilor se poate realiza prin:

- ◆ procedee fizice: prin tratare termică, filtrare, centrifugare, spălare cu apă fierbinte;
- ◆ procedee chimice: cu dezemulsionanți;
- ◆ procedee combinate fizico-chimice.

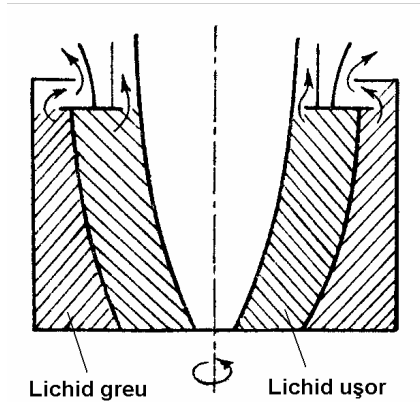


Fig.2.9. Separarea lichidelor nemiscibile

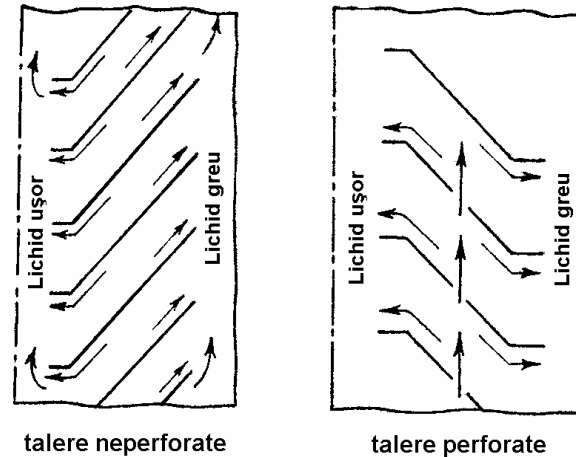


Fig. 2.10. Separarea lichidelor nemiscibile cu talere

În industria alimentară separarea prin centrifugare este metoda cea mai utilizată (la separarea smântânii din lapte, a apei din ulei, etc) și se bazează pe acțiunea forței centrifuge obținută prin mișcarea de rotație a unui recipient, în care se află emulsia (fig. 2.9.). Prin introducerea unor talere conice în interiorul recipientului crește suprafața de separare (fig.2.10.) și curentul de lichid se distribuie într-un număr mai mare de straturi subțiri.

2.2.3. Separarea sistemelor eterogene lichid-solid

Sistemele eterogene ce au particule solide dispersate într-un mediu lichid, numite suspensii, se pot clasifica după gradul de dispersie astfel:

- ▶ suspensii grosiere, când dimensiunile particulelor sunt mai mari de 100 μm ;
- ▶ suspensii fine, când dimensiunile particulelor sunt cuprinse între 0,5-100 μm ;
- ▶ suspensii tulburi, când dimensiunile particulelor sunt cuprinse între 0,1-0,5 μm ;
- ▶ suspensii coloidale, când dimensiunile particulelor sunt mai mici de 0,1 μm .

În funcție de raportul dintre faza dispersă și faza dispersantă, suspensiile pot fi diluate sau concentrate.

Separarea fazei solide sub formă de precipitat sau purificarea lichidului de particulele în suspensie se poate realiza folosind forța de gravitație, forța centrifugă sau prin reținerea fazei solide pe materiale filtrante.

Particulele aflate în suspensie se depun sub acțiunea forței de gravitație, formând precipitatul sau sedimentul, iar lichidul devine mai limpede. În funcție de scopul urmărit, operația de separare prin sedimentare se mai numește:

- limpezire sau clarificare, când se urmărește obținerea fazei lichide;
- îngroșare, când se urmărește obținerea fazei solide.

Se numește decantare îndepărtarea lichidului obținut în urma operației de sedimentare.

Viteza de sedimentare și în acest caz va depinde de forma și dimensiunile particulelor solide, de densitățile fazei lichide și a fazei solide, precum și de natura particulelor dispersate.

Asupra unei particule sferice cu diametrul d_p imersată într-un lichid acționează două forțe: forța de gravitație F_g și forța de rezistență F_f , de sens contrar (vezi cap. 2.2.1.1.). În aceste condiții viteza de sedimentare liberă are forma ecuației (2.16.).

Mărimea particulelor dispersate influențează viteza de sedimentare astfel: particulele mici sedimentează mai încet, în timp ce particulele mari sedimentează mai repede.

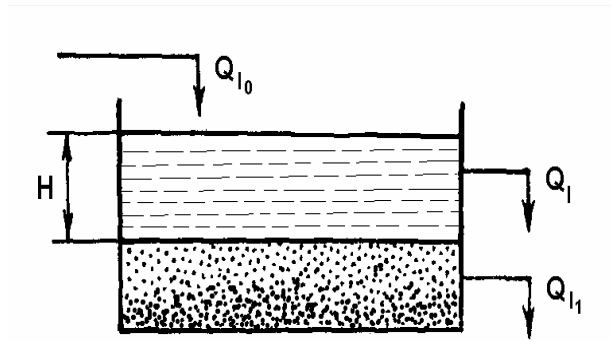


Fig.2.9. Calculul unui decantor

$$Q_l = \frac{A \cdot H}{t} = A \cdot v_0 \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2.20.)$$

Pentru calculul suprafeței de sedimentare se pleacă de la bilanțul de materiale al fazei lichide și al fazei solide:

$$Q_{l_0} = Q_l + Q_{l_1} \quad (2.21.)$$

în care Q_{l_0} este debitul de fază lichidă din suspensia inițială, de concentrație C_0 (kg solid/kg lichid);

Q_{l_1} - debitul de fază lichidă din precipitatul de concentrație C_1 (kg solid/kg lichid);

respectiv:

$$Q_{l_0} \cdot C_0 = Q_{l_1} \cdot C_1 \quad (2.22.)$$

Din cele două relații se obține:

$$\begin{cases} Q_l = A \cdot v_0 = Q_{l_0} - Q_{l_1} \\ Q_{l_1} = Q_{l_0} \frac{C_0}{C_1} \end{cases} \quad (2.23.)$$

Rezultă suprafața de sedimentare necesară pentru limpezirea unui debit de lichid Q_l dintr-o suspensie de concentrație C_0 , până la obținerea concentrației sedimentului C_1 :

$$A = Q_{l_0} \frac{C_1 - C_0}{C_1 \cdot v_0} \quad [\text{m}^2] \quad (2.24.)$$

Ca efect al interacțiunii reciproce dintre particulele solide, la suspensiile concentrate sedimentarea se realizează în grupe de particule, aglomerate ca urmare a reacțiilor de suprafață și a particulelor mai mici antrenate de aceste grupe.

Centrifugarea este operația de separare a sistemelor eterogene ca urmare a efectului forței centrifuge asupra particulelor solide aflate în suspensii. Pentru a avea un câmp centrifugal, forța centrifugă trebuie să fie de câteva zeci de ori mai mare decât forța gravitațională.

Deplasarea unei particule se face sub acțiunea câmpului centrifugal caracterizat prin:

$$F_c = \frac{m_p \cdot v^2}{R} \quad (2.25.)$$

în care R este raza de rotație.

Se definește factorul de separare f_s ca raportul dintre forța centrifugă și forța de gravitație:

$$f_s = \frac{\frac{m_p \cdot v^2}{R}}{m_p \cdot g} = \frac{v^2}{R \cdot g} \cong 4R \cdot n^2 \quad (2.26.)$$

Cu aceste date se obține viteza de sedimentare în câmp gravitațional (vezi cap. 2.2.1.1.) sub forma:

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g \cdot d_p \cdot \rho_p - \rho_f}{\xi \cdot \rho_f} \cdot f_s} \quad (2.27.)$$

Și în acest caz viteza de sedimentare se determină cu ajutorul criteriului Reynolds. Separarea prin centrifugare se poate realiza în două moduri (fig.2.10.):

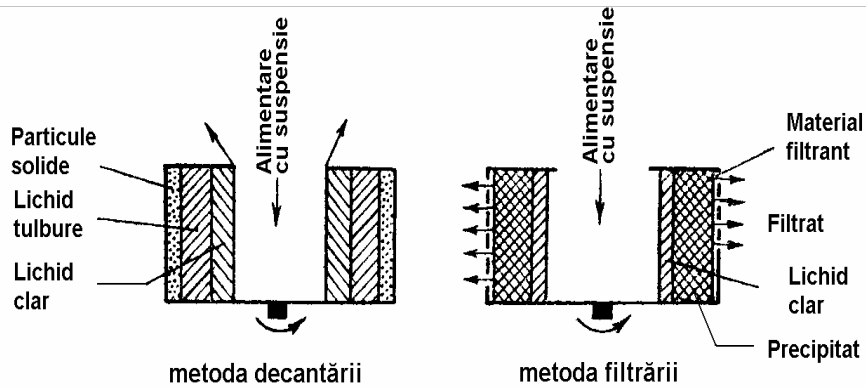


Fig.2.10. Principiul centrifugării

◆ pe principiul sedimentării: particulele solide sedimentează și se depun pe perețele tamburului în straturi (după densitate), lichidul clar rămânând în interiorul centrifugei;

◆ pe principiul filtrării: pereții tamburului sunt perforați și acoperiți cu un strat de material filtrant prin care trece faza lichidă, particulele solide fiind reținute pe materialul filtrant.

Separarea suspensiilor în câmp centrifugal are aplicații în industria alimentară la sistemele eterogene cu densități apropiate ale celor două faze sau în cazul suspensiilor la care particulele solide sunt de dimensiuni foarte mici.

O caracteristică specifică centrifugării este faptul că viteza de sedimentare nu este constantă, ca efect al neomogenității câmpului centrifugal, ea crescând cu distanța față de axa de rotație. Ca urmare, se determină o viteză medie de sedimentare de forma:

$$\bar{v}_s = v_s \cdot \bar{f}_s = 4 \cdot v_s \cdot \bar{R} \cdot n^2 \quad (2.28.)$$

în care \bar{f}_s este factorul mediu de separare;

\bar{R} - raza medie logaritmică.

În cazul filtrării, forma suprafeței lichidului în centrifugă este un paraboloid de revoluție. Într-un punct M (fig. 2.11.) asupra unei particule de la suprafața lichidului acționează forțele F_c și G care dau rezultanta F . Pentru un sistem de axe de coordonate ecuația parabolei, ca secțiune mediană a suprafeței lichidului este:

$$y = \sqrt{2 \frac{g}{\omega^2} x} \quad (2.29.)$$

în care ω este viteza unghiulară a centrifugei ($\omega = \pi n / 30$).

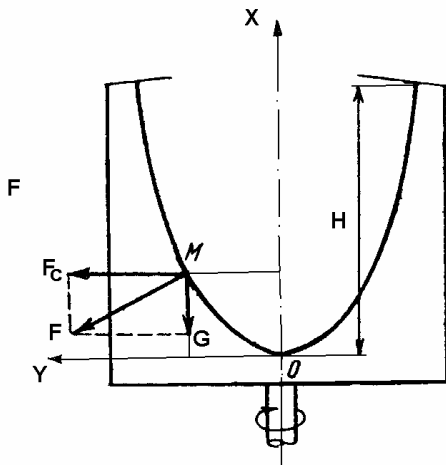


Fig. 2.11. Forma suprafeței lichidului

Filtrarea este operația de separare a sistemelor eterogene cu ajutorul unor medii poroase care, permit trecerea unei singure faze (faza lichidă), cealaltă fază (solidă) fiind reținută de către mediul poros. În urma filtrării rezultă lichidul limpede sau filtratul, respectiv precipitatul sau

particulele solide cu un conținut redus de lichid.

Ca proces hidrodinamic, filtrarea este o curgere printr-un mediu poros sub acțiunea diferenței de presiune aplicată pe cele două părți ale mediului poros. Forța motrice a procesului, diferența de presiune, poate fi creată utilizând pompe (centrifuge, cu piston, de vid) sau presiunea hidrostatică a coloanei de suspensie supusă filtrării.

La începutul filtrării, lichidul obținut nu este suficient de limpede, deoarece nu toate fracțiile solide sunt reținute de materialul filtrant și de aceea lichidul va fi recirculat. Odată cu depunerea pe suprafața materialului filtrant a unui strat de precipitat, acesta va deveni el însuși mediu filtrant, astfel că lichidul rezultat va fi tot mai limpede. Numai că în acest caz rezistența la filtrare a suspensiei va fi o sumă a rezistențelor materialului filtrant și a stratului de precipitat depus, uneori fiind necesar îndepărtarea precipitatului prin spălare.

Cantitatea de lichid ce străbate unitatea de suprafață de material filtrant în unitatea de timp reprezintă viteza de filtrare. Aceasta crește cu diferența de presiune dar nu întotdeauna direct proporțional cu ea.

O mare varietate de factori influențează operația de filtrare, unii dintre care cei mai importanți fiind:

- caracteristicile suspensiei: natura, granulometria și structura fazei solide, concentrația în solide, debitul de prelucrat, vâscozitatea lichidului;
- natura precipitatului: porozitate, compresibilitate, rezistența hidraulică;
- condițiile de filtrare: temperatura suspensiei, diferența de presiune de pe cele două fețe ale materialului filtrant.

Deoarece atât materialul filtrant, cât și precipitatul se pot considera ca fiind straturi poroase, se poate aprecia că, într-o măsură oarecare, filtrarea poate fi asemănată cu curgerea lichidelor prin straturi granulare fixe. Ipotezele simplificatoare sunt necesare pentru a putea determina o legătură între viteza de filtrare și diferența de presiune, filtrarea fiind un proces extrem de complex.

Pentru a determina parametrii ce caracterizează filtrarea se pleacă de la modelul fizic din fig. 2.12. Pe materialul filtrant de înălțime H_1 se depune precipitatul de înălțime H care crește în timp. Porii celor două straturi au diametre foarte mici, astfel că curgerea lichidului prin aceste capilare (presupuse de formă cilindrică, cu raze și lungimi egale) poate fi considerată ca fiind laminară.

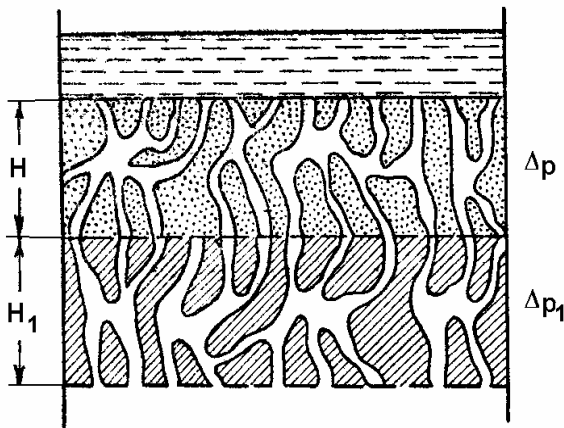


Fig. 2.12. Modelul simplificat al filtrării

Pentru obținerea vitezei de curgere a lichidului se ia ca punct de plecare ecuația căderii de presiune în conducte:

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2} \rho \quad (2.29.)$$

în care L este lungimea porului ($L \neq H$);

d - diametrul porului;

v - viteza de curgere a lichidului;

ρ - densitatea lichidului;

λ - coeficient de frecare.

În condițiile curgerii laminare ($\lambda=64/Re$) rezultă:

$$\Delta p = \frac{32 \cdot \eta \cdot v \cdot L}{d^2} \quad (2.30.)$$

De unde se obține viteza de curgere a lichidului prin porii stratului de precipitat:

$$v = \frac{\Delta p \cdot d^2}{32 \cdot \eta \cdot L} \quad (2.31.)$$

în care η este vâscozitatea lichidului.

Volumul de lichid care curge printr-un por în timpul t va fi:

$$V_p = \frac{\pi d^4 \Delta_p t}{128 \eta L} \quad (2.32.)$$

Dacă pe suprafața de filtrare A există n pori pe unitatea de suprafață și ținând cont de definiția vitezei de filtrare, se obține:

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\pi d^4 \Delta_p n}{128 \eta L} \quad (2.33.)$$

unde $V=nV_p$ și reprezintă volumul de lichid ce curge prin unitatea de suprafață.

Lungimea porilor este necunoscută și se exprimă în funcție de înălțimea H, cu ajutorul unui factor de corecție k_c supraunitar ($L=k_c H$). Se obține în final viteza de filtrare prin stratul de precipitat sub forma:

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\pi d^4 \Delta_p n}{128 \cdot \eta k_c H} \quad (2.34.)$$

Pe baza aceluiași raționament, se poate scrie și relația vitezei de filtrare prin stratul de material filtrant:

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\pi d_1^4 \Delta_{p1} n_1}{128 \cdot \eta k_{c1} H_1} \quad (2.35.)$$

Deoarece mărimi precum k_c , n și d nu pot fi măsurate, se fac notațiile:

$$k_r = \frac{128 \cdot k_c}{\pi d^4 \cdot n} \quad (2.36.)$$

$$k_{r1} = \frac{128 \cdot k_{c1}}{\pi d_1^4 \cdot n_1}$$

cu specificația că reprezintă rezistențele specifice ale stratului de precipitat, respectiv ale materialului filtrant.

Cu aceste notații ecuațiile vitezelor de filtrare capătă forma:

$$\frac{dV}{dt} \cdot \eta \cdot H \cdot k_r = A \cdot \Delta_p \quad (2.37.)$$

$$\frac{dV}{dt} \cdot \eta \cdot H_1 \cdot k_{r1} = A \cdot \Delta_{p1}$$

Întrucât curgerea lichidului are loc la un potențial total dat de suma celor două diferențe de presiune ($\Delta_{pT} = \Delta_p + \Delta_{p1}$), prin însumare rezultă:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A \cdot \Delta_{pT}}{\eta(H \cdot k_r + H_1 \cdot k_{r1})} \quad (2.38.)$$

Dacă se exprimă înălțimea stratului de precipitat în funcție de volumul de filtrat V și concentrația inițială a suspensiei C_0 ($V \cdot C_0 = H \cdot A$) se obține $H = V \cdot C_0 / A$. În mod similar se admite că $V_1 \cdot C_0$ este volumul de precipitat de înălțime H_1 ce opune curgerii o rezistență egală cu a stratului de material filtrant ($H_1 = V_1 \cdot C_0 / A$). Dacă se admite că și cele două rezistențe specifice sunt egale ($k_r = k_{r1}$), se obține:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \cdot \Delta_{pT}}{\eta \cdot k_r \cdot C_0 (V + V_1)} \quad (2.39.)$$

Din încercările experimentale s-a constatat că rezistența specifică k_r depinde de diferența totală de presiune, relația empirică stabilită fiind:

$$k_r = k_0 \cdot \Delta_{pT}^m \quad (2.40.)$$

în care k_0 și m sunt coeficienți stabiliți experimental.

În aceste condiții ecuația diferențială a filtrării pentru precipitate necompresibile, dar corectată pentru a putea fi utilizată și la precipitate compresibile, are forma:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \cdot \Delta_{pT}^{1-m}}{\eta \cdot k_0 \cdot C_0 (V + V_1)} \quad (2.41.)$$

În mod practic filtrarea se poate desfășura la presiune constantă sau la debit constant.

La filtrarea la presiune constantă, odată cu creșterea stratului de precipitat, debitul filtratului scade iar la un moment dat filtrarea devine neeconomică.

Pentru integrarea ecuației (2.41.) se separă variabilele și se obține:

$$\int_0^V (V + V_1) dV = \frac{A^2 \cdot \Delta_{pT}^{1-m}}{\eta \cdot k_0 \cdot C_0} \int_0^t dt \quad (2.42.)$$

După integrare se aranjează sub forma:

$$\frac{V^2}{A^2} + 2 \frac{V_1 \cdot V}{A^2} = \frac{2 \cdot \Delta_{pT}^{1-m}}{\eta \cdot k_0 \cdot C_0} t \quad (2.43)$$

Raportul $V/A = V_0$ și reprezintă capacitatea specifică de filtrare (în m^3 filtrat/ m^2 suprafață de filtrare). Raportul $V_1/A = k_1$ este o constantă de rezistență a materialului filtrant și se definește ca fiind volumul de filtrat ce trece prin unitatea de suprafață de filtrare pentru a da un strat de precipitat de aceeași rezistență cu a materialului filtrant. De asemeni, se notează fracția

$\frac{2 \cdot \Delta_{pT}^{1-m}}{\eta \cdot k_0 \cdot C_0} = k_2$, care este o constantă caracteristică stratului de precipitat.

Cu aceste notații relația (2.43.) capătă forma:

$$V_0^2 + 2 \cdot k_1 \cdot V_0 = k_2 \cdot t \quad (2.44.)$$

Relația (2.44.) reprezintă ecuația filtrării la presiune constantă și se utilizează la dimensionarea filtrelor, dacă se cunosc cele două constante ce caracterizează filtrarea.

Atunci când filtrarea are loc la debit constant ecuația (2.41.) devine:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{V}{t} = \frac{A^2 \cdot \Delta_{pT}^{1-m}}{\eta \cdot k_0 \cdot C_0 (V + V_1)} \quad (2.45.)$$

La momentul inițial când începe filtrarea, volumul de filtrat este zero și potențialul total este Δ_{p1} , astfel că debitul de filtrat este:

$$\frac{V}{t} = \frac{A^2 \cdot \Delta_{p1}^{1-m}}{\eta \cdot k_0 \cdot C_0 \cdot V_1} \quad (2.46.)$$

Dacă se elimină V_1 din relațiile (2.45.) și (2.46.) se obține:

$$V^2 = \frac{A^2}{\eta \cdot k_0 \cdot C_0} (\Delta_{pT}^{1-m} - \Delta_{p1}^{1-m}) \quad (2.47.)$$

În cazul filtrării cu debit constant capacitatea specifică de filtrare este:

$$V_0^2 = \frac{\Delta_{pT}^{1-m} - \Delta_{p1}^{1-m}}{\eta \cdot k_0 \cdot C_0} \quad (2.48.)$$

Mărimea exponentului m are valorile:

► 0, când se formează precipitate necompresibile, iar debitul de filtrat este direct proporțional cu diferența de presiune;

► 1, când se formează precipitate compresibile, iar debitul de filtrat este independent de diferența de presiune.

2.3. Amestecarea fluidelor

Amestecarea este operația prin care se obține o omogenitate dorită pentru un sistem omogen sau eterogen. De asemeni, amestecarea poate fi și un mijloc de intensificare a unor

procese de transfer de căldură sau de masă, în spălare, dizolvare, obținerea de emulsii, etc.

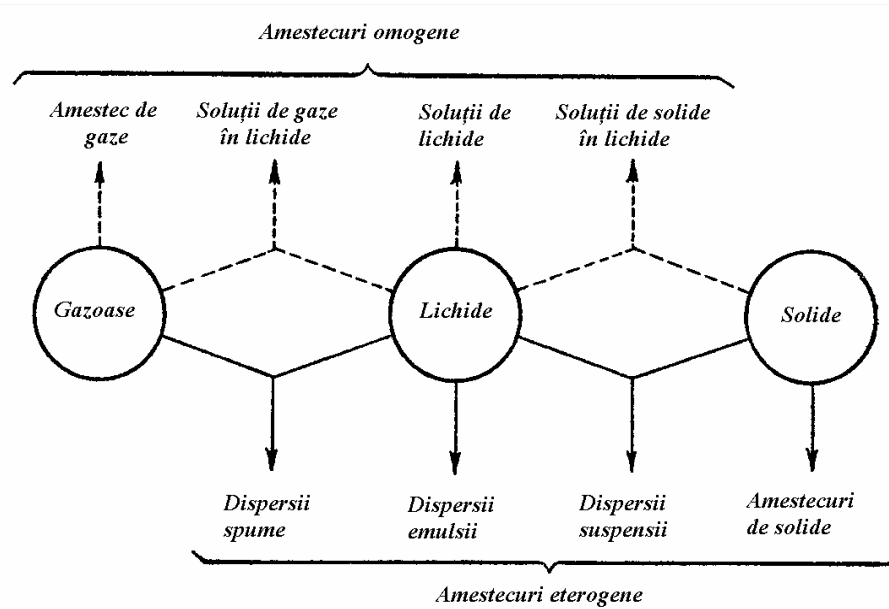


Fig. 2.13. Amestecuri omogene și eterogene

Pot fi amestecate gaze, lichide și solide, rezultând amestecuri omogene sau eterogene (fig. 2.13.), condițiile de amestecare fiind diferite, în funcție de caracteristicile materialelor amestecate și a amestecului rezultat.

În cazul fluidelor amestecarea trebuie să realizeze o distribuție cât mai intimă între fazele care se amestecă. Acest lucru se obține printr-o mișcare a fluidelor, cu realizarea unei turbulențe intense în toată masa amestecului, iar mijloacele folosite la punerea în mișcare a lor pot fi mecanice sau pneumatice.

Asupra operației de amestecare acționează un mare număr de factori, dintre care pot fi menționați:

- ◆ natura și caracteristicile componentelor care se amestecă;
- ◆ debitul și raportul cantitativ al componentelor;
- ◆ intensitatea și durata operației de amestecare;
- ◆ scopul amestecării și caracteristicile amestecului;
- ◆ tipul utilajului și caracteristicile geometrice ale acestuia.

Din acest motiv nu s-a putut stabili o corelație generală, atât de necesară în proiectarea amestecătoarelor, dar mai ales o mărime prin care să se poată exprima eficacitatea de omogenizare a amestecării.

În funcție de instalația folosită, amestecarea lichidelor se poate realiza astfel:

- ▶ cu agitatoare mecanice;
- ▶ direct în conductă;
- ▶ cu circulație produsă de pompe;
- ▶ prin barbotare cu gaze.

În multe cazuri amestecarea este realizată în recipiente unde viteza fluidului diferă în funcție de zona din vas.

Pentru studiul dinamicii amestecării cu agitatoare mecanice se urmărește traseul curentului provocat de agitator în vasul de amestecare, caracterizat prin spectrele de curgere (linii de curent ce includ traseele cele mai caracteristice), în raport cu care există trei tipuri de curgere:

- curgerea tangențială (fig. 2.14.a), la care lichidul curge paralel cu traseul descris de agitator; efectul de amestecare este minim iar antrenarea lichidului de către agitator redusă;

- curgerea radială (fig. 2.14.b), la care agitatorul trimite lichidul în lungul unor raze, generând două zone de curgere;
- curgerea axială (fig. 2.14.c), la care lichidul intră în agitator și îl părăsește pe o direcție paralelă cu axa sa.

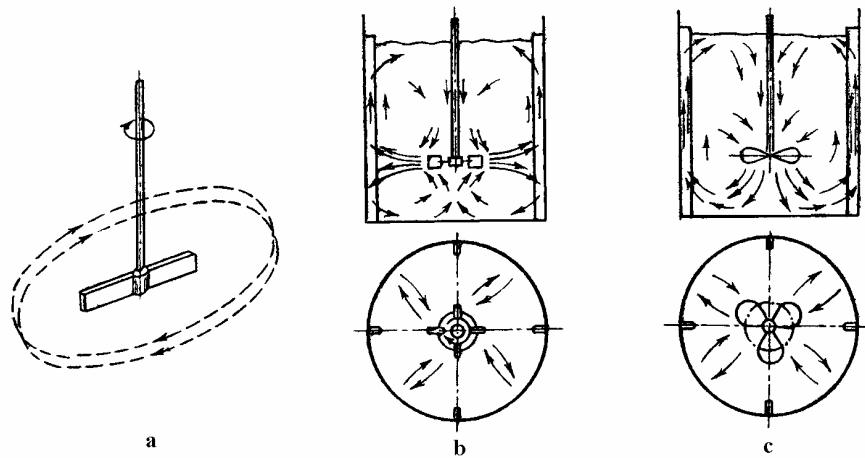


Fig. 2.14. Spectrele principale de curgere la agitarea mecanică

De obicei în vasele de amestecare curgerea este o combinație a celor trei principale tipuri de curgere.

Ecuatia criterială caracteristică transferului de moment pentru curgerea izotermă a unui fluid newtonian are forma:

$$f\left(\frac{\rho v l}{\eta}, \frac{\rho v^2 l}{\sigma}, \frac{v^2}{lg}, \frac{\Delta p}{\rho v^2}\right) = const. \quad (2.49.)$$

în care : ρ este densitatea fluidului;
 v – viteza fluidului;
 l – lungimea caracteristică;
 η – vâscozitatea fluidului;
 σ – tensiunea superficială;
 Δp – căderea de presiune;
 g – accelerația gravitațională.

Numărul Reynolds este raportul dintre forțele inerțiale și de vâscozitate:

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta} \quad (2.50.)$$

Numărul Froude este raportul dintre forțele inerțiale și cele gravitaționale:

$$Fr = \frac{v^2}{lg} \quad (2.51.)$$

Numărul Euler sau coeficientul de presiune, este raportul dintre presiune și forțele inerțiale:

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho v^2} \quad (2.52.)$$

Numărul Weber este raportul dintre forțele inerțiale și forțele de suprafață datorate tensiunii superficiale:

$$We = \frac{\rho v^2 l}{\sigma} \quad (2.53.)$$

Criteriile de similitudine de mai sus se pot aplica la studiul operației de amestecare, cu condiția ca ele să fie modificate corespunzător mișcării de rotație.

Ca urmare, criteriul Reynolds va avea $v = \pi \cdot d \cdot n$ și prin eliminarea numărului π rezultă:

$$Re_a = \frac{nd^2\rho}{\eta} \quad (2.54.)$$

Pentru criteriul Froude, $v = \pi \cdot d \cdot n$ și $l=d$, iar prin ignorarea numărului π se obține:

$$Fr_a = \frac{n^2 d}{g} \quad (2.55.)$$

Pentru criteriul Weber, în cazul amestecării, acesta va avea forma:

$$We_a = \frac{n^2 \rho d^3}{\sigma} \quad (2.56.)$$

Pe cale experimentală s-a stabilit că pentru amestecarea cu agitatoare mecanice, valoarea criteriului Reynolds până la care curgerea este laminară este cuprinsă între 20-30, dependentă și de dimensiunile agitatorului.

Ca urmare a numărului foarte mare de factori care intervin în procesul de amestecare, relațiile existente sunt exprimate în funcție de unele criterii de similitudine, fiind obținute pe baza analizei dimensionale, luând în considerare toți acești factori.

Prin determinarea pe cale experimentală a constantelor și exponenților

ce intervin în relații, se poate calcula puterea consumată și timpul de amestecare.

Pentru caracteristicile geometrice se ia în considerare modelul general al unui sistem cu agitare mecanică (fig.2.15.).

Întrucât nu se poate determina căderea de presiune prin amestecător, se va folosi criteriul puterii sau criteriul Euler modificat, ce conține puterea consumată pentru agitare:

$$Eu_a = \frac{P}{n^3 d^5 \rho} \quad (2.57.)$$

Cu aceasta se obține o ecuație criterială generală caracteristică amestecării sub forma:

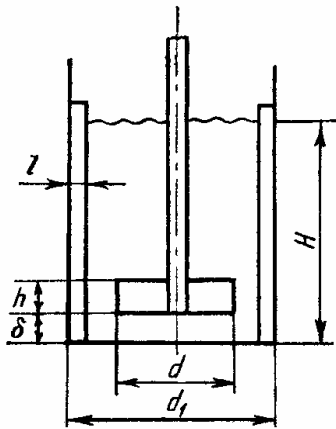


Fig. 2.15. Modelul general al unui agitator mecanic

$$\frac{P}{\rho n^3 d^5} = k \left(\frac{d^2 n \rho}{\eta} \right)^{n_1} \left(\frac{n^2 d}{g} \right)^{n_2} \left(\frac{n^2 d^3 \rho}{\sigma} \right)^{n_3} \left(\frac{d_1}{d} \right)^{n_4} \left(\frac{H}{d} \right)^{n_5} \left(\frac{h}{d} \right)^{n_6} \left(\frac{\rho}{d} \right)^{n_7} \left(\frac{l}{d} \right)^{n_8} \quad (2.58)$$

în care k , n_1 - n_8 sunt coeficientul și exponenții ecuației și care se determină pe cale experimentală

În anumite cazuri particulare ecuația generală se simplifică astfel:

- când lichidele sunt nemiscibile, criteriul Weber nu mai apare;
- criteriul Froude se ia în considerație doar când în fluide se formează un vârtej (turații mari).

Dacă mai sunt îndeplinite și criteriile pentru similitudinea geometrică, ecuația criterială se simplifică sub forma:

$$\frac{P}{n^3 d^5 \rho} = k \left(\frac{d^2 n \rho}{\eta} \right)^{n_1} \quad (2.59.)$$

Din relația de mai sus se poate determina puterea necesară pentru acționarea agitatorului. Mărimile k și n_1 se determină experimental pentru diverse tipuri de agitatoare.

Când condițiile pentru similitudinea geometrică nu sunt îndeplinite, în ecuația (2.58.) se introduc factori de corecție.

Pentru lichidele nenewtonine relația pentru calculul puterii de acționare se obține în mod asemănător, diferența constând doar în expresia generalizată a numărului Reynolds.

Modelul cel mai simplu de curgere a unui fluid nenewtonian, pentru curgerea prin forfecare simplă, este cel elaborat de Ostwald de Waele, numit și legea puterii:

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (2.60.)$$

în care k este indicele de consistență (are dimensiunea unei vâscozități și nu depinde de viteza de forfecare);

$\dot{\gamma}$ – viteza de forfecare;
 n - indicele de curgere.

Cu aceste modificări, criteriul Reynolds se va determina cu relația:

$$Re'_a = \frac{n^{2-n} \rho d^2}{\eta} (4\pi)^{1-n} \quad (2.61.)$$

Relația de calcul a puterii (2.59.) trebuie simplificată ca urmare a influenței unor rezistențe suplimentare care apar în amestecătoare.

Pentru amestecarea a două lichide ușor miscibile se poate utiliza un echipament foarte simplu, format din două conducte ce conțin lichidele, legate în una singură (în formă de Y). În aceste condiții, pentru ca amestecarea să fie foarte bună trebuie ca viteza de curgere să fie suficient de mare iar conducta de amestecare suficient de lungă.

Intensitatea amestecării crește cu turbulența astfel că, pe interiorul conductei de amestecare se montează șicane de diverse forme.

Un alt mod de amestecare în conducte folosește injectoarele. Astfel, unul din lichide este injectat pe direcția de curgere a celuilalt lichid, printr-un ajutoraj. Și în acest caz, prin montarea de șicane se îmbunătățește amestecarea.

Tot pentru amestecarea în conductă se mai folosește un tub Venturi sau o pompă centrifugă, în cel de-al doilea caz rotorul pompei joacă rol de agitator.

Toate aceste moduri de amestecare în conductă necesită aparate simple, cu costuri reduse, dar randamentul scăzut la amestecare nu le recomandă pentru practica industrială.

Atunci când este necesară o mai bună omogenizare se practică amestecarea în vase sau recipiente la care conținutul lor este circulat cu ajutorul unor pompe. Lichidul aspirat de la partea inferioară a vasului este refulat la partea superioară în două moduri:

- ▶ cu ajutorul unui distribuitor deasupra nivelului lichidului (fig. 2.16.);
- ▶ prin intermediul unor ajutoraje amplasate în diverse moduri în vas (fig. 2.17.).

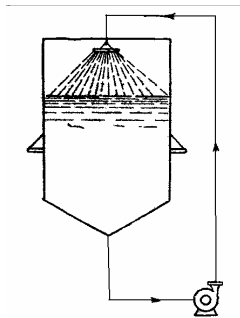


Fig. 2.16. Amestecare cu distribuitor

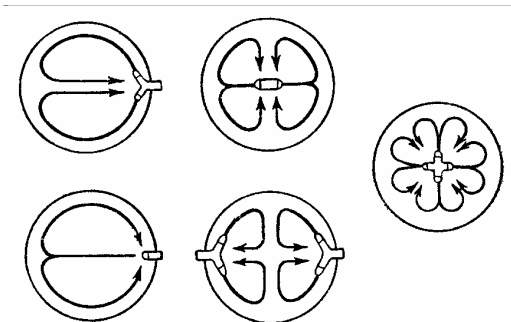


Fig.2.17. Spectre de curgere pentru diverse forme de ajutoraje în recipiente cilindrici

Ajutorajele au avantajul că, prin forma și modul de dispunere, permit obținerea unor spectre de curgere pentru lichide ce contribuie la creșterea gradului de omogenizare a amestecului.

Amestecarea lichidelor prin circulația produsă de pompe se aplică în mod deosebit la lichidele care au densități diferite.

O asemenea metodă se poate aplica la acele sisteme la care procesul tehnologic permite utilizarea aerului, vaporilor sub presiune sau a altor gaze. Se recomandă a fi utilizată la amestecarea lichidelor a căror vâscozitate este mai mică de $0,2 \text{ Ns/m}^2$, când amestecul conține particule solide cu tendința de depunere sau când lichidele nemiscibile au densități diferite.

Agenții de amestecare se introduc sub presiune în masa lichidului ce urmează a fi amestecat, pe care îl străbat sub formă de bule. Distribuția gazului în lichid se poate realiza prin injecție în mai multe moduri:

- ◆ statică, la care gazul este trimis prin orificii fixe, duze sau injectoare amplasate în vasul de amestecare;
- ◆ dinamică, la care gazul este trimis printr-un agitator mecanic prevăzut cu orificii, aflat la rândului lui în mișcare de rotație;
- ◆ combinată.

Pentru a realiza o eficacitate ridicată a amestecării, dispozitivele prin care se injectează gazul trebuie amplasate astfel încât traseul bulelor să fie cât mai lung posibil. De asemeni, pentru mărirea turbulenței în vasul de amestecare se pot amplasa site, șicane, straturi granulare care, intensifică amestecarea.

Cel mai important parametru îl constituie presiunea gazului care trebuie să fie suficient de mare pentru a învinge rezistența hidrostatică a coloanei de lichid din vas, rezistențele datorate frecărilor și să creeze o presiune dinamică necesară amestecării. Pentru calcule practice se poate utiliza relația presiunii gazului sub forma:

$$p = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \frac{v^2}{2} \rho_g + g \cdot \rho_l \cdot H \quad (2.62.)$$

în care: λ este coeficientul de frecare în conducta distribuitorului de gaz;

L – lungimea conductei;

d – diametrul conductei;

$\sum \xi$ - suma rezistențelor locale din conducta de gaz;

v – viteza gazului;

ρ_g – densitatea gazului;

ρ_l – densitatea lichidului.

H – înălțimea coloanei de lichid deasupra orificiilor de ieșire a gazului.

Debitul de agent de lucru se determină cu relația:

$$Q = q_v \cdot S \quad (2.63.)$$

unde q_v este debitul specific de gaz, în $\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$;

S – aria oglinzii de lichid, în m^2 .

Pentru o mai bună barbotare orificiile țevilor sunt dispuse elicoidal și au diametrul cuprins între 3-6 mm, la valori sub 3 mm existând pericolul înfundării acestora. Cu aceste orificii trebuie asigurat un debit de gaz pe 1 m^2 de suprafață liberă a vasului de $0,4 \text{ m}^3/\text{min}$ pentru o agitare slabă, $0,8 \text{ m}^3/\text{min}$ pentru o agitare de intensitate medie și $1 \text{ m}^3/\text{min}$ pentru o agitare intensă.

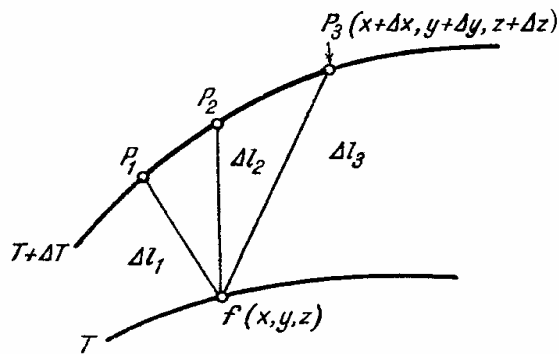
III. OPERAȚII CU TRANSFER DE CĂLDURĂ

3.1. Noțiuni de bază în transferul căldurii

S-a constatat că transferul de căldură nu are ca scop atingerea unui echilibru termic, ci se datorează diferenței de temperatură dintre două puncte din spațiu, ca forță motrice. Temperatura variază în spațiu și timp, iar ca un parametru scalar de stare este definită prin ecuația câmpului de temperatură, pentru un regim termic variabil:

$$T = f(x, y, z, t) \quad (3.1.)$$

Totalitatea valorilor temperaturilor la un moment dat, pentru sistemul considerat, se numește câmp de temperatură, iar totalitatea punctelor care, la timpul t au aceeași temperatură, formează o suprafață izotermă.



Dacă se consideră două suprafețe izoterme vecine (fig. 3.1.) cu temperaturile T și $T + \Delta T$, la timpul t variația temperaturii pe diferite distanțe va fi o mărime vectorială de forma:

$$\frac{\Delta T}{\Delta l_1}; \frac{\Delta T}{\Delta l_2}; \dots \quad (3.2.)$$

Fig. 3.1. Variația temperaturii dintre două suprafețe izoterme

Se definește gradientul de temperatură ca fiind limita raportului dintre variația temperaturii și distanța normală Δl_n la cele două suprafețe izoterme:

$$\lim_{\Delta l_n \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta T}{\Delta l_n} \right| = \frac{\partial T}{\partial l_n} \quad (3.3.)$$

Deoarece derivata parțială $\frac{\partial T}{\partial l_n}$ variază cu direcția și cu timpul, iar gradientul de temperatură este un vector, se poate scrie:

$$\text{grad}T = \frac{\partial T}{\partial l_n} \left(\vec{l}_{n,0} \right) = \nabla T \quad (3.4.)$$

unde $\left(\vec{l}_{n,0} \right)$ este versorul normalei, iar ∇ (nabla) este operatorul:

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial l_n} \left(\vec{l}_{n,0} \right) \quad (3.5.)$$

Pentru coordonate carteziene, gradientul de temperatură se scrie sub forma:

$$\text{grad}T = \frac{\partial T}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial T}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial T}{\partial z} \vec{k} \quad (3.6.)$$

în care $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ sunt vectorii unitari.

Pentru a putea caracteriza procesul de transfer de căldură, este necesară cunoașterea vitezei procesului. Se definește fluxul de căldură sau debitul de căldură, ca fiind cantitatea de căldură transferată în unitatea de timp:

$$Q_s = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right| = \frac{dQ}{dt} \quad (3.7.)$$

Se definește fluxul termic unitar sau solicitarea termică, cantitatea de căldură transferată în unitatea de timp, prin unitatea de suprafață:

$$q = \frac{d^2 Q}{dt dA} = \frac{dQ_s}{dA} \quad (3.8.)$$

3.2. Transferul de căldură prin conducție

La baza procesului de transfer de căldură prin conducție în regim staționar stă legea lui Fourier care, în cazul fluxului unidirecțional, are forma:

$$Q_{s,x} = -\lambda A \frac{\partial T}{dx} \quad (3.9.)$$

în care: $Q_{s,x}$ este fluxul de căldură pe direcția x , în W;

A – aria secțiunii perpendiculare pe direcția fluxului, în m²;

$\frac{\partial T}{dx}$ – gradientul de temperatură pe direcția x ;

λ – coeficient de proporționalitate (coeficient de conductivitate termică, în W/mgrd.

Semnul – pentru gradientul de temperatură semnifică faptul că transferul de căldură se face în sensul descrescător al temperaturii.

Dacă mediul este omogen și izotrop, fluxul unitar de căldură, când temperatura variază pe toate cele trei direcții, se scrie sub forma:

$$\begin{cases} q_x = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \\ q_y = -\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \\ q_z = -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \end{cases} \text{ sau } q = -\lambda \nabla T \quad (3.10.)$$

Coeficientul de conductivitate termică este o mărime fizică ce depinde de natura substanței prin care se face transferul de căldură, fiind o funcție de temperatură și presiune:

$$\lambda = -\frac{q}{gradT} \quad (3.11.)$$

Ca urmare, λ va depinde, pentru fiecare corp în parte, de starea de agregare, forma corpului, temperatură, umiditate, etc.

În cazul gazelor, coeficientul de conductivitate se deduce în baza teoriei cinetomoleculare, prin relația lui Maxwell:

$$\lambda = k \cdot \eta \cdot c_v \quad (3.12.)$$

în care: k este un coeficient ce ține cont de interacțiunea moleculară;

η – vâscozitatea dinamică;

c_v – căldura specifică la volum constant.

Dacă se ține cont de faptul că λ este influențat de temperatură prin intermediul vâscozității dinamice (ecuația lui Sutherland), se obține:

$$\lambda = k \cdot c_v \frac{k_1 \sqrt{T}}{1 + \frac{k_2}{T}} \quad (3.13.)$$

în care k_1 și k_2 sunt constante ce se determină experimental.

Coeficientul de conductivitate termică pentru un amestec de gaze are expresia:

$$\lambda_{am} = \sum \lambda_i \frac{V_i}{V_{tot}} \quad (3.14.)$$

unde: V_i/V_{tot} este fracția volumică a unui component al amestecului;

λ_i – coeficientul de conductivitate pentru fiecare gaz.

În cazul lichidelor, calculul coeficientului de conductivitate termică se face în baza relației Bridgeman, pentru lichide rău conducătoare de electricitate:

$$\lambda = 3 \frac{Rg}{N} v_s l_m^{-2} \quad (3.15.)$$

în care: Rg este constanta universală a gazelor;

N – este numărul lui Avogadro;

v_s – viteza sunetului în lichide;

l_m – distanța medie dintre centrele de masă a două molecule.

Pentru materialele solide, coeficientul de conductivitate termică are valori mult diferite, în funcție de natura și proprietățile materialului. Deoarece unele materiale prezintă o structură poroasă, spațiile goale fiind umplute cu gaz, conductivitatea termică va fi mică, având proprietăți de izolant termic și care vor crește odată cu porozitatea. Dacă în porii materialului intră apă sub formă de umiditate, atunci coeficientul de conductivitate termică va crește, micșorând calitățile izolante ale materialului.

Valorile cele mai mari ale coeficientului de conductivitate termică, în cazul materialelor solide, se regăsesc la metale și aliaje. În acest caz, λ este o funcție crescătoare cu temperatura, după o variație aproximativ liniară de forma:

$$\lambda_T = \lambda_0(1 + kT) \quad (3.16.)$$

unde k este un coeficient care depinde de natura materialului.

Dacă se cunoaște modul de distribuție a temperaturilor într-un corp, atunci se poate determina schimbul de căldură prin conducție.

Pentru un element de volum cu laturile Δx , Δy , Δz (fig.3.2.), din bilanțul termic al transferului de căldură se va determina ecuația diferențială a câmpului de temperatură:

$$Q_{s,a} = Q_{s,i} - Q_{s,e} \quad (3.17.)$$

unde: $Q_{s,a}$ este fluxul termic acumulat;

$Q_{s,i}$ – fluxul termic intrat;

$Q_{s,e}$ – fluxul termic ieșit sau cedat.

Pentru simplificarea calculului se consideră corpul ca fiind omogen, izotrop și imobil, regimul termic de tip nestaționar și că nu mai există alte surse interne de căldură.

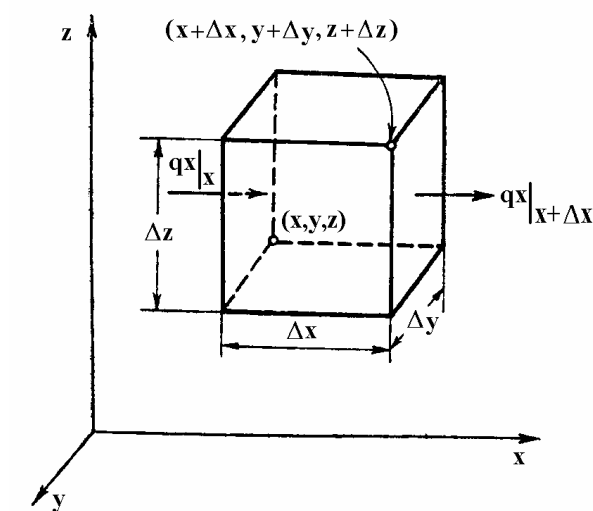


Fig.3.2. Transferul de căldură printr-un volum elementar

În aceste condiții, fluxul de căldură ce intră prin suprafață la punctul x este $q_x|_x \Delta y \Delta z$ și fluxul de căldură care iese prin suprafață la punctul $x + \Delta x$ este de forma

$q_x|_{x+\Delta x} \Delta y \Delta z$. În mod similar se pot scrie fluxurile de căldură și pentru celelalte suprafețe, conform relației (3.17.):

$$\rho \Delta x \Delta y \Delta z c_p \frac{\partial T}{\partial t} = (q_x|_x - q_x|_{x+\Delta x}) \Delta y \Delta z + (q_y|_y - q_y|_{y+\Delta y}) \Delta x \Delta z + (q_z|_z - q_z|_{z+\Delta z}) \Delta y \Delta x \quad (3.18.)$$

Se împarte ecuația cu $\Delta x \Delta y \Delta z$ și după trecerea la limită se obține o relație de forma:

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial t} = - \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) = -\nabla q \quad (3.19.)$$

Dacă se ține cont de expresia fluxului unitar [ecuația (3.10.)], se obține relația pentru schimbul de căldură prin conducție:

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (3.20.)$$

Coeficientul λ se consideră constant iar termenul din paranteză reprezintă operatorul Laplace. Ca urmare relația se poate scrie sub forma:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c_p \rho} \nabla^2 T \quad (3.21.)$$

Aceasta este ecuația diferențială a câmpului de temperatură la transferul de căldură în medii omogene, izotrope, imobile, în regim staționar și fără surse interioare de căldură, fiind cunoscută ca ecuația diferențială Fourier.

Se numește coeficient de difuzivitate termică și se notează cu $\lambda/c_p \rho$, coeficientul ce caracterizează ușurința cu care se transferă căldura într-un corp.

Dacă există surse interne de căldură și pentru că ρ , c_p și λ sunt funcții de temperatură, iar corpul nu este omogen, ecuația (3.20.) capătă forma:

$$\frac{\partial}{\partial t} (c_p \rho, T) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q_v(x', y', z') \quad (3.22.)$$

în care: q_v este fluxul termic generat de sursa internă, pe unitatea de volum, în punctul de coordonate x', y', z' ;

Relația este cunoscută sub numele de ecuația diferențială Fourier generalizată.

3.3. Transferul de căldură prin convecție

Convecția reprezintă acel mod de transmitere a căldurii ce se realizează concomitent cu mișcarea unei mase de fluid, în lungul unei suprafețe solide, mai reci sau mai calde. Se definesc două moduri de transfer de căldură prin convecție:

- *convecția liberă*, este modul de transfer de căldură la care mișcarea fluidului este determinată de diferențele de densitate, cauzate de diferențele de temperatură ce există în masa fluidului;

- *convecția forțată*, este modul de transfer de căldură atunci când mișcarea fluidului este determinată de acțiunea unor gradienti de presiune, produși de o mașină de transport.

În condițiile în care convecția este însoțită de mișcarea fluidului, legilor de transfer termic li se vor adăuga legile transferului de impuls (legile curgerii fluidelor). Totodată, se știe faptul că la limita dintre fluid și suprafața solidă vitezele sunt mici (tind către zero), iar conductivitatea se manifestă puternic, fapt de care va trebui să se țină seama la studiul convecției.

Fluxul de căldură convectiv care trece printr-o suprafață A (fig. 3.3.), este dată de legea de răcire a lui Newton:

$$Q = \alpha \cdot A (T_p - T_f) \quad (3.23.)$$

unde: T_p și T_f sunt temperatura peretelui, respectiv a fluidului la distanța δ de suprafață.

α - coeficient de transfer convectiv ($\alpha = \lambda/\delta$) sau coeficient individual de transfer de căldură.

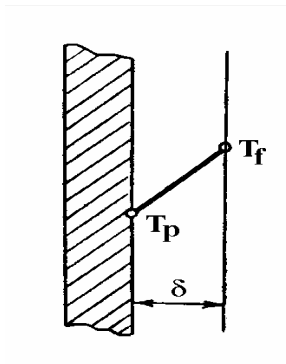


Fig.3.3. Zona de variație maximă a temperaturii

Atunci când α și $(T_p - T_f)$ variază de la un punct la altul pe suprafața de schimb de căldură, se poate scrie:

$$dQ_s = \alpha(T_p - T_f)dA \quad (3.24.)$$

Ca urmare a faptului că în stratul limită transferul de căldură se face prin conducție, iar fluxul de căldură este dat de legea lui Fourier:

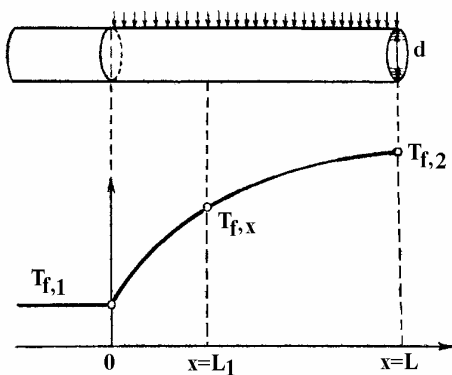
$$dQ_s = \lambda \left(\frac{dT}{dy} \right) dA \quad (3.25.)$$

Egalând cele două relații se obține pentru coeficientul individual de transfer de căldură expresia:

$$\alpha = \frac{\lambda}{T_p - T_f} \left(\frac{dT}{dy} \right) \quad (3.26.)$$

Se poate observa că α crește cu gradientul de temperatură. Prin creșterea vitezei, respectiv a numărului Re, va crește și gradientul de temperatură și implicit α , mărind fluxul convectiv de căldură.

Astfel se poate defini coeficientul individual de transfer de căldură ca reprezentând fluxul termic transferat pe unitatea de suprafață, sub acțiunea unei forțe motrice de un grad. Se măsoară în $W/m^2 \cdot \text{grad}$.

Fig.3.4. Modul de determinare experimentală a lui α

Coeficientul individual de transfer de căldură depinde de foarte mulți factori, astfel că relația (3.26.) este foarte greu de rezolvat. El poate fi determinat pe cale experimentală după modelul din figura 3.4.

Aerul din conductă de lungime L și diametrul d se încălzește de la temperatura inițială $T_{f,1}$ la temperatura finală $T_{f,2}$. Temperatura T_p a peretelui conductei se consideră constantă pe toată suprafața de schimb de căldură. Pentru debitul

masic de aer M_m se poate scrie:

$$Q_s = M_m c_p (T_{f,2} - T_{f,1}) \quad (3.27.)$$

Căldura transferată prin convecție se poate scrie sub forma:

$$Q_s = \alpha(\pi d L)(T_p - T_f)_m \quad (3.28.)$$

Egalând cele două relații se obține forma coeficientului mediu de transfer de căldură:

$$\bar{\alpha} = \frac{M_m c_p (T_{f,2} - T_{f,1})}{(\pi d L)(T_p - T_f)_m} \quad (3.29.)$$

în care $(T_p - T_f)_m$ reprezintă media aritmetică sau logaritmică în cazul temperaturii variabile a peretelui.

Coeficientul individual local într-o secțiune longitudinală $x=L$ se determină din relația:

$$M_m c_p (T_{f,x} - T_{f,1}) = \alpha_{loc} (\pi d) (T_p - T_{f,x}) \quad (3.30.)$$

Se face diferențierea și rezultă:

$$M_m c_p \frac{dT_{f,x}}{dx} = \alpha_{loc} (\pi d) (T_p - T_{f,x}) \quad (3.31.)$$

respectiv:

$$\alpha_{loc} = \frac{M_m c_p}{\pi d} \left(\frac{dT_{f,x}}{dx} \right) \frac{1}{(T_p - T_{f,x})} \quad (3.32.)$$

Când $T_p = \text{constant}$, relația devine:

$$\alpha_{loc} = \frac{M_m c_p}{\pi d} \frac{d[\ln(T_p - T_{f,x})]}{dx} \quad (3.33.)$$

În relația (3.33.) expresia derivatei se rezolvă grafic.

Pentru determinarea bilanțului de energie în cazul unui fluid în curgere neizotermă, în regim nestaționar, se pleacă de la modelul din figura 3.5. La un moment dat, pentru elementul de volum aflat în interiorul fluidului, schimburile energetice între acesta și masa de fluid se pot scrie sub forma unui bilanț:

$$\Delta(U + Ec) = \Delta(U + Ec)_{convec.} + (Q_i - Q_e)_{cond.} + L_M \quad (3.34.)$$

în care: $\Delta(U+Ec)$ este variația totală de energie internă și cinetică a sistemului;

$\Delta(U+Ec)_{convec.}$ – variația totală de energie internă și cinetică datorate efectului convecției;

$(Q_i - Q_e)_{cond.}$ – cantitatea de căldură transmisă prin conducție;

L_M – lucrul mecanic efectuat de sistem în interacțiune cu mediul exterior.

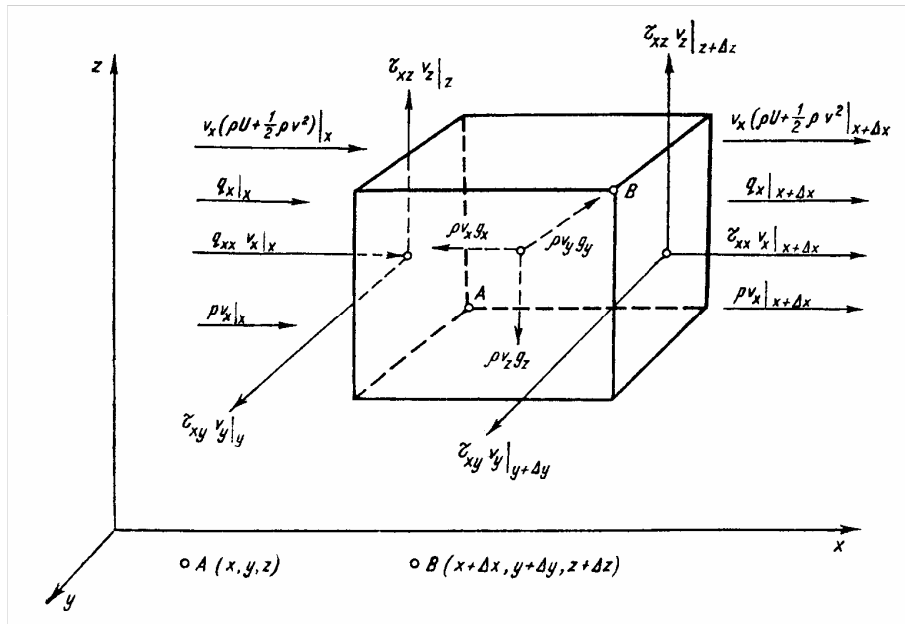


Fig. 3.5. Bilanțul de energie pentru un element de volum

În elementul de volum, acumularea de energie internă și cinetică se exprimă sub forma:

$$\Delta x \Delta y \Delta z \frac{\partial}{\partial t} \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \quad (3.35.)$$

în care: v este viteza locală a fluidului;

U – este exprimată ca o energie pe unitatea de masă, în J/kg.

Relația de mai sus este de natura unui flux, unitatea de măsură fiind J/s=W.

Bilanțul datorat variației energiei interne și cinetice, ca efect al convecției pe direcția x , pentru suprafața elementului de volum din x (fluxuri intrate) și pentru suprafața din $x+\Delta x$ (fluxuri ieșite), are forma:

$$\Delta y \Delta z \left[v_x \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \Big|_x - v_x \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \Big|_{x+\Delta x} \right] \quad (3.36)$$

Variația energiei cinetice și interne în elementul de volum pe cele trei direcții va fi:

$$\begin{aligned}
& \Delta y \Delta z \left[v_x \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \Big|_x - v_x \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \Big|_{x+\Delta x} \right] + \\
& \Delta x \Delta z \left[v_y \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \Big|_y - v_y \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \Big|_{y+\Delta y} \right] + \\
& \Delta x \Delta y \left[v_z \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \Big|_z - v_z \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \Big|_{z+\Delta z} \right]
\end{aligned} \quad (3.37.)$$

în care v_x, v_y, v_z sunt componentele vectorului v .

Variația energiei termice datorată conductivității se scrie sub forma:

$$\Delta y \Delta z (q|_x - q|_{x+\Delta x}) + \Delta x \Delta z (q|_y - q|_{y+\Delta y}) + \Delta x \Delta y (q|_z - q|_{z+\Delta z}) \quad (3.38)$$

în care q este fluxul unitar.

Lucrul mecanic executat de elementul de volum poate fi efectuat împotriva forțelor de gravitație (de volum) și a forțelor de suprafață (forțe datorate presiunii și vâscozității). Pentru elementul de volum, lucrul mecanic efectuat în unitatea de timp pentru învingerea forțelor gravitaționale este:

$$-\rho \Delta x \Delta y \Delta z (v_x g_x + v_y g_y + v_z g_z) \quad (3.39.)$$

în care g_x, g_y, g_z sunt componentele accelerației gravitaționale pe unitatea de masă.

Lucrul mecanic efectuat în unitatea de timp pentru învingerea forțelor de presiune este:

$$\begin{aligned}
& \Delta y \Delta z [(pv_x)|_{x+\Delta x} - (pv_x)|_x] + \Delta x \Delta z [(pv_y)|_{y+\Delta y} - (pv_y)|_y] + \\
& + \Delta x \Delta y [(pv_z)|_{z+\Delta z} - (pv_z)|_z]
\end{aligned} \quad (3.40.)$$

Lucrul mecanic în unitatea de timp efectuat de elementul de volum pentru învingerea forțelor de vâscozitate este:

$$\begin{aligned}
& \Delta y \Delta z [(\tau_{xx} v_x + \tau_{xy} v_y + \tau_{xz} v_z)|_{x+\Delta x} - (\tau_{xx} v_x + \tau_{xy} v_y + \tau_{xz} v_z)|_x] + \\
& \Delta x \Delta z [(\tau_{yx} v_x + \tau_{yy} v_y + \tau_{yz} v_z)|_{y+\Delta y} - (\tau_{yx} v_x + \tau_{yy} v_y + \tau_{yz} v_z)|_y] + \\
& \Delta y \Delta z [(\tau_{zx} v_x + \tau_{zy} v_y + \tau_{zz} v_z)|_{z+\Delta z} - (\tau_{zx} v_x + \tau_{zy} v_y + \tau_{zz} v_z)|_z]
\end{aligned} \quad (3.41.)$$

Toate aceste relații se introduc în ecuația bilanțului de energie (3.34.). Se împart toți termenii cu $\Delta x \Delta y \Delta z$ și prin trecerea la limită se obține ecuația diferențială a energiei de forma:

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial t} \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) = - \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\rho U + \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \right] - \\
& - \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) + \rho (v_x g_x + v_y g_y + v_z g_z) - \left(\frac{\partial}{\partial x} p v_x + \frac{\partial}{\partial y} p v_y + \frac{\partial}{\partial z} p v_z \right) - \\
& - \left[\frac{\partial}{\partial x} (\tau_{xx} v_x + \tau_{xy} v_y + \tau_{xz} v_z) + \frac{\partial}{\partial y} (\tau_{yx} v_x + \tau_{yy} v_y + \tau_{yz} v_z) + \right. \\
& \left. + \frac{\partial}{\partial z} (\tau_{zx} v_x + \tau_{zy} v_y + \tau_{zz} v_z) \right]
\end{aligned} \quad (3.42.)$$

în care q_x, q_y, q_z sunt componentele vectorului q .

Scrisă sub forma vectorială, ecuația bilanțului de energie capătă forma:

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho \left(U + \frac{1}{2} v^2 \right) = - \left[\nabla \rho v \left(U + \frac{1}{2} v^2 \right) - (\nabla q) + \rho (vg) - (\nabla p v) - \nabla(\tau v) \right] \quad (3.43.)$$

Toți termenii ecuației reprezintă variații de energii în unitatea de timp, raportate la unitatea de volum.

Întrucât $\frac{DU}{Dt}$ este derivata substanțială a expresiei $\left(U + \frac{1}{2}v^2\right)$ și pentru fluxuri necompresibile $(\nabla v) = 0$, dacă se scade expresia variației energiei cinetice, ecuația (3.43.) capătă forma:

$$\rho \frac{DU}{Dt} = -(\nabla p) - p(\nabla v) - (\tau \nabla v) \quad (3.44.)$$

Relația (3.44.) reprezintă bilanțul de energie și se numește ecuația energiei termice (toți termenii reprezintă variația de energie în timp, raportată la unitatea de volum) și se exprimă astfel: variația în timp a energiei interne a unui fluid în mișcare este determinată de variația energiei introdusă în sistem prin conductivitate, de creșterea energiei datorată compresiei și de creșterea de energie determinată de forțele de frecare.

Deoarece energia internă este o mărime termodinamică greu de determinat pe cale experimentală, iar întrucât $U=f(v,T)$ aceasta se exprimă în funcție de temperatură (parametru mult mai ușor de măsurat):

$$\rho c_v \frac{DT}{Dt} = -T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v (\nabla v) - (\nabla q) - (\tau \nabla v) \quad (3.45.)$$

și care reprezintă ecuația energiei termice exprimată în termeni de temperatură.

Pentru calcule practice se fac unele ipoteze simplificatoare:

- ▶ se neglijează efectul termic al frecării vâscoase:

$$\rho c_v \frac{DT}{Dt} = -T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v (\nabla v) - (\nabla q) \quad (3.46.)$$

- ▶ fluidul se consideră incompresibil ($\nabla v = 0$; $c_v = c_p$):

$$\rho c_p \frac{DT}{Dt} = -(\nabla q) \quad (3.47.)$$

- ▶ coeficientul de conductivitate termică nu depinde de temperatură:

$$\rho c_p \frac{DT}{Dt} = \lambda \nabla^2 T \quad (3.48.)$$

sau sub forma:

$$\rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + v_x \frac{\partial T}{\partial x} + v_y \frac{\partial T}{\partial y} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (3.49.)$$

Relația (3.49.) se numește ecuația diferențială Fourier-Kirchhoff sau ecuația diferențială a câmpului de temperatură pentru un fluid în mișcare, în regim nestaționar.

Pentru fluide imobile $v=0$ și se ajunge la ecuația diferențială de distribuție a temperaturilor la transferul de căldură prin conducție (vezi ecuația 3.21.)

3.4. Transferul de căldură prin radiație

În procesele industriale, deși emisia de radiații termice are loc la oricare temperatură, transferul de căldură prin radiație se produce simultan cu transferul de căldură prin conducție și convecție.

Energia radiantă, de natură termică, este emisă de orice corp care se află la o temperatură mai mare ca zero absolut. Pentru întreg spectrul de radiații acționează aceleași legi, care descriu fenomenele de schimb de energie, asociate undelor electromagnetice.

Radiațiile electromagnetice au aceeași viteză de deplasare, dar diferă prin lungimea de undă și origine. În vid este valabilă corelația:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (3.50.)$$

unde: c este viteza luminii;

ν – frecvența.

Energia termică radiantă emisă de un corp depinde de temperatură și de natura suprafeței. Prin creșterea temperaturii se mărește și frecvența radiațiilor, corpul va emite mai multă energie în domeniul radiațiilor vizibile, iar corpul capătă culoarea galben spre alb.

Puterea totală de emisie, E , reprezintă energia radiantă emisă de unitatea de arie a unui corp, în unitatea de timp, pe totalitatea lungimilor de undă ale spectrului său.

Intensitatea monocromatică de radiație I_λ , în $\frac{W}{m^2 \cdot m}$, este energia radiată de unitatea de suprafață a unui corp în unitatea de timp, pe o anumită lungime de undă:

$$I_\lambda = \frac{dE}{d\lambda} \quad (3.51.)$$

Cunoscând legea de distribuție a energiei radiante, în funcție de lungimea de undă, ecuația diferențială a puterii totale de emisie este:

$$E = \int_0^\infty I_\lambda d\lambda \quad (3.52.)$$

și are forma unui flux radiant unitar.

Principiul conservării energiei în cazul radiațiilor electromagnetice are forma:

$$E = E_{k_a} + E_{k_r} + E_{k_p} \quad (3.53.)$$

în care: k_a este coeficientul de absorbție;

k_r – coeficientul de reflecție;

k_p – coeficientul de permeabilitate.

De aici se poate scrie :

$$k_a + k_r + k_p = 1 \quad (3.54.)$$

În practică se manifestă următoarele situații limită:

- corpul alb, care reflectă toate radiațiile incidente ($k_r=1$; $k_a=k_p=0$);

- corpul absolut negru, care absoarbe toate radiațiile incidente ($k_a=1$; $k_r=k_p=0$);

- corpul diaterm sau transparent, care permite trecerea tuturor radiațiilor termice ($k_p=1$; $k_a=k_r=0$).

Coeficienții k_a , k_r și k_p , pentru corpuri reale sunt funcții de temperatură, natura suprafeței și lungimea de undă.

Repartizarea intensităților monocromatice ale corpului absolut negru, în funcție de lungimea de undă, este dată de legea lui Plank:

$$I_{0,\lambda} = \frac{k_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{k_2/\lambda T} - 1} \quad (3.55.)$$

în care: $I_{0,\lambda}$ este intensitatea monocromatică a radiației pentru o suprafață neagră;

k_1, k_2 – constante care se determină experimental.

Intensitatea radiației crește cu temperatura, iar pentru o anumită izotermă, $I_{0,\lambda}$ are un maxim, corespunzător unei lungimi de undă. Valoarea maximă a intensității de radiație se obține prin rezolvarea derivatei ecuației de mai sus, care duce la soluția:

$$\lambda_{\max} = \frac{const}{T} \quad (3.56.)$$

Cunoscută și sub numele de legea de deplasare a lui Wien, relația de mai sus arată că la temperaturi ridicate, maximum intensității de radiație se deplasează spre domeniul radiațiilor cu lungimi de undă mici..

Prin integrarea ecuației (3.55.) pentru întreg spectrul se obține puterea totală de emisie a corpului negru sau legea Stefan-Bolzmann:

$$E_0 = k_0 T^4 \quad (3.57.)$$

în care k_0 este constanta de radiație a corpului negru ($k_0 = 5,7 \cdot 10^{-8}$, în $\frac{W}{m^2 \cdot \text{grad}^4}$).

Ea se mai poate scrie și sub forma:

$$E_0 = c_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (3.58.)$$

în care c_0 este coeficientul de radiație al corpului negru.

Toți acești parametri s-au dedus din condiții limită, pentru corpul negru ($k_a=1$). Corpurile cenușii și corpurile reale care au coeficientul de absorbție constant, respectiv variabil în funcție de λ , vor avea alte curbe de distribuție a intensității de radiație.

Raportul dintre puterea totală de emisie a unui corp oarecare și a corpului negru se numește coeficient de emisie (egal cu coeficientul de absorbție):

$$\varepsilon = \frac{E}{E_0} = k_a \quad (3.59.)$$

Coeficientul de emisie, numit și grad de negru, la corpurile reale este o funcție atât de temperatură, cât și de natura suprafeței. În aceste condiții ecuația (3.57.) capătă forma:

$$E = \varepsilon E_0 = \varepsilon c_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (3.60.)$$

Pentru studiul transferului de căldură prin radiație între corpuri, se consideră două suprafețe negre și plan-paralele, cu temperaturile T_1 și T_2 . Dacă $T_1 > T_2$, fluxul termic net primit de suprafața cu temperatura mai mică va fi:

$$Q_s = Q_{s,1} - Q_{s,2} = c_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] A \quad (3.61.)$$

Dacă cele două corpuri au o aranjare reciprocă arbitrară, ecuația de mai sus ia forma:

$$Q_s = c_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] A_1 k_{1,2} \quad (3.62.)$$

unde $k_{1,2}$ este coeficientul mutual de radierie și reprezintă fracția de radiație emisă de suprafața A_1 cu temperatura T_1 , pe care o primește suprafața A_2 cu temperatura T_2 .

În cazul a două suprafețe plane paralele ale unor corpuri reale, fluxul net are expresia:

$$Q_s = c_0 \varepsilon_{1,2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] A_1 k_{1,2} = c_0 \varepsilon_{2,1} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] A_2 k_{2,1} \quad (3.63.)$$

în care $\varepsilon_{1,2}$ și $\varepsilon_{2,1}$ sunt coeficienții mutuali de emisie.

Relația (3.63.) se mai poate scrie și sub forma:

$$Q_s = c_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] A_1 K_{1,2} \quad (3.64.)$$

unde $K_{1,2}$ este un coeficient ce include atât factorul geometric, cât și coeficienții de emisie.

Calculul privind fluxul termic radiant la gaze este mult mai complicat, întrucât gazele se află în spații limitate de suprafețe solide de diverse forme, astfel că se complică mult fenomenul de radiație.

Dacă se face o analogie cu radiația reciprocă a corpurilor solide, atunci fluxul unitar transmis de gaz prin radiație către perete va fi:

$$q_g = \varepsilon_p c_0 \left[\varepsilon_g \left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - k_{a,g} \left(\frac{T_p}{100} \right)^4 \right] \quad (3.65.)$$

în care: ε_p și ε_g sunt coeficienții de emisie a peretelui, respectiv al gazului;

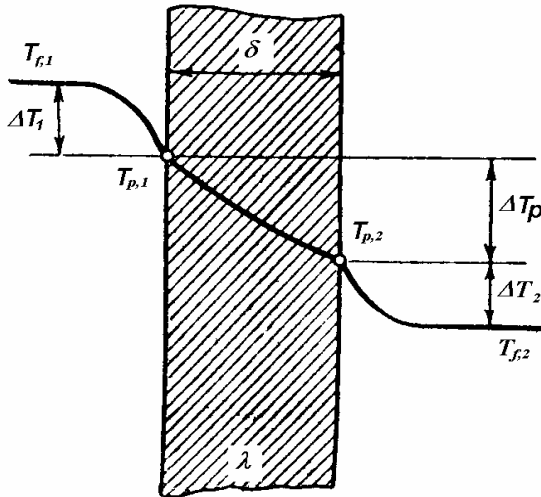
$k_{a,g}$ – coeficientul de absorbție al gazului.

Pentru calculele practice se admite că $\varepsilon_g \cong k_{a,g}$ iar ecuația se simplifică sub forma:

$$q_g = \varepsilon_p \varepsilon_g c_0 \left[\left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_p}{100} \right)^4 \right] \quad (3.66.)$$

3.5. Transferul global de căldură

Schimbul de căldură dintre două fluide în curgere, separate de un perete solid, este un proces complex în care apar toate cele trei moduri de transfer de căldură. Pentru studiu se ia în considerare modelul din figura 3.6. unde $T_{f,1}$ și $T_{f,2}$ sunt temperaturile constante pentru fluidul 1, respectiv fluidul 2. Fluxul termic este dat de inegalitatea $T_{f,1} > T_{f,2}$ și este constant în orice secțiune, dacă se consideră regimul staționar.



Căderile parțiale de temperatură au forma:

$$\begin{cases} \Delta T_1 = T_{f,1} - T_{p,1} = Q_s \frac{1}{\alpha_1 A} \\ \Delta T_p = T_{p,1} - T_{p,2} = Q_s \frac{\delta}{\lambda A} \\ \Delta T_2 = T_{p,2} - T_{f,2} = Q_s \frac{1}{\alpha_2 A} \end{cases} \quad (3.67.)$$

Fig. 3.6. Transferul global de căldură

Dacă schimbul de căldură se face la temperaturi nu prea ridicate, se poate neglija fenomenul de radiație. Căderea totală de temperatură între cele două fluide va fi:

$$T_{f,1} - T_{f,2} = \frac{Q_s}{A} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (3.68.)$$

Termenii din paranteză au semnificația de rezistențe termice de transfer $\left(R_t = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{1}{\alpha} \right)$, iar relația de mai sus capătă forma:

$$T_{f,1} - T_{f,2} = \frac{Q_s}{A} (R_{t,1} + R_{t,2} + R_{t,3}) = q \sum R_t \quad (3.69.)$$

Fluxul termic unitar pentru un perete plan omogen se scrie sub forma:

$$q = \frac{T_{f,1} - T_{f,2}}{\sum R_t} \quad (3.70.)$$

Pentru perețele plan neomogen, rezistența termică prin perete va fi o sumă de termeni:

$$q = \frac{T_{f,1} - T_{f,2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3.71.)$$

Relația definește fluxul unitar în transferul global de căldură, ca fiind raportul dintre diferența temperaturilor celor două fluide și suma rezistențelor termice.

Expresia fluxului termic este:

$$Q_s = qA = \frac{T_{f,1} - T_{f,2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} A \quad (3.72.)$$

Relația (3.72.) este ecuația transferului global de căldură pentru două fluide cu temperatură constantă, separate de un perete plan, în regim termic staționar.

Când cele două fluide sunt separate printr-un perete cilindric (fig.3.7.), prin analogie cu cazul precedent, sumând căderile de temperatură se obține egalitatea:

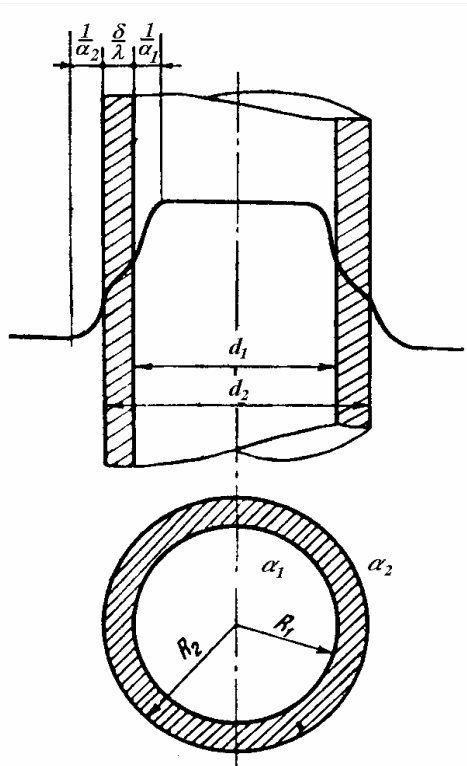


Fig. 3.7. Transferul global de căldură între două fluide separate de un perete cilindric

$$T_{f,1} - T_{f,2} = q \left[\frac{1}{2\pi R_1 \alpha_1} + \frac{R_2 - R_1}{2\pi(R_2 - R_1) \lambda} + \frac{1}{2\pi R_2 \alpha_2} \right] \ln \frac{R_2}{R_1} \quad (3.73.)$$

În relația de mai sus lungimea peretelui cilindric se consideră egală cu unitatea, ariile de transfer de căldură se exprimă în funcție de rază, iar aria pentru transferul de căldură prin peretele cilindric este aria medie logaritmică.

Fluxul termic unitar scris ca în raport cu diametrele are forma:

$$q = \frac{(T_{f,1} - T_{f,2})\pi}{\frac{1}{d_1 \alpha_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{d_2 \alpha_2}} \quad (3.74.)$$

Dacă peretele cilindricului este neomogen,

fluxul termic unitar în acest caz va fi:

$$q = \frac{(T_{f,1} - T_{f,2})\pi}{\frac{1}{d_1 \alpha_1} + \sum_1^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{d_2 \alpha_2}} \quad (3.75.)$$

În aceste condiții, fluxul termic pe lungimea l a peretelui cilindric se exprimă prin relația:

$$Q_s = q \cdot l = \frac{(T_{f,1} - T_{f,2})\pi}{\frac{1}{d_1 \alpha_1} + \sum_1^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{d_2 \alpha_2}} l \quad (3.76.)$$

Relația (3.76.) reprezintă ecuația transferului global de căldură pentru două fluide cu temperatura constantă, separate de un perete cilindric, în regim termic staționar.

Relațiile (3.72.) și (3.76.) pot fi puse sub forma:

$$Q_s = K \cdot A (T_{f,1} - T_{f,2}) \quad (3.77.)$$

de unde se pot deduce valorile lui K :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3.78.)$$

$$K_L = \frac{\pi}{\frac{1}{d_1 \alpha_1} + \sum_1^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{d_2 \alpha_2}} l \quad (3.79.)$$

Coeficientul K reprezintă inversul unei sume de rezistențe termice și se numește coeficientul global de transfer de căldură, fiind definit ca fluxul termic unitar care se transferă sub un potențial de un grad Kelvin. Are dimensiunile $W/m^2 \cdot \text{grad}$ în ecuația (3.78.) și de $W/m \cdot \text{grad}$ în ecuația (3.79.).

Aționând asupra coeficientului global de transfer de căldură se poate reduce sau intensifica transferul de căldură.

3.6. Operații cu transfer de căldură fără schimbarea stării de agregare

Schimbul de căldură se realizează în aparate și instalații termice care urmăresc încălzirea, respectiv răcirea unui produs alimentar sau a unui agent termic de lucru. Schimbătorul de căldură este aparatul care are ca scop transferul de căldură de la un mediu la altul.

Agenții termici sunt fluidele care au drept scop preluarea sau introducerea de căldură dintr-un schimbător de căldură.

Într-un schimbător de căldură are loc un proces simultan de încălzire-răcire. Astfel, fluidul cald cedează căldură fluidului mai rece care, se încălzește.

3.6.1. Încălzirea

Operația de încălzire se realizează în schimbătoare de căldură iar fluxul tehnologic solicită într-un anumit punct o încălzire a unui produs determinat, în anumite limite de temperatură.

Ca agenți termici de încălzire se folosesc gazele de ardere, aerul cald, apa caldă, vapori de apă.

Un caz aparte în constituie încălzirea electrică care, nu mai necesită un agent termic. Încălzirea electrică are avantajul că permite amplasarea sursei termice în orice punct al sistemului, reducerea pierderilor de căldură prin folosirea unor izolații termice și reglarea fluxului de căldură. Se deosebesc mai multe moduri de transformare a energiei electrice în energie termică.

Încălzirea prin rezistență electrică, are la bază introducerea în circuitul electric a unui element (rezistor) cu rezistivitate electrică mare. Fluxul termic emis se calculează cu relația:

$$Q_s = R \cdot I^2 \quad (3.80.)$$

în care: R este rezistența electrică a rezistorului, în Ω ;

I – intensitatea curentului din circuit, în A.

Instalațiile cu încălzire indirectă transformă energia electrică în căldură cu ajutorul unor elemente de încălzire executate din materiale cu rezistivitate ridicată. Căldura obținută este transmisă în instalație prin radiație, convecție și conductivitate.

Instalațiile cu încălzire directă folosesc drept rezistor materialul care trebuie încălzit. Astfel, la trecerea curentului prin corpul respectiv, conectat într-un circuit electric, acesta se va încălzi.

Încălzirea dielectrică, folosește materiale caracterizate prin conductivitate mică (dielectrici sau semiconductori). Prin tendința de orientare a moleculelor într-un câmp electric, specifică acestor materiale, se produc frecări, pierderea de energie fiind transformată în căldură.

Încălzirea cu arc electric, este caracterizată de descărcarea electrică în gaze sau vapori de metal, cu un înalt grad de ionizare.

Radiațiile electromagnetice cu lungimea de undă de 0,7-20 μ , prin natura lor termică sunt foarte importante pentru industria alimentară. Astfel, încălzirea cu ajutorul radiațiilor infraroșii își poate găsi multiple aplicații practice, având unele avantaje: încălzirea rapidă a suprafeței supusă iradierii, randament termic și electric mare, controlul termic și posibilități de automatizare a instalațiilor. Metoda este aplicată cu succes la acele corpuri care au un coeficient de absorbție suficient de mare.

3.6.2. Răcirea

Răcirea presupune schimbul de căldură între două fluide la care procesul determinant este răcirea unui fluid, cu ajutorul unui agent de răcire și care se poate realiza în două moduri:

► agentul de răcire primește căldură de la un fluid mai cald, iar temperatura finală a agentului de răcire rămâne mai mică decât a fluidului ce trebuie răcit;

► răcirea se face la o temperatură mai scăzută decât cea a agentului de răcire, fiind necesar un proces endoterm; căldura necesară procesului endoterm (cu schimbare de stare sau reacție chimică) se ia din mediul în care se află corpul ce trebuie răcit.

Ca agenți de răcire se utilizează apa, gheața hidrică mărunțită, bioxidul de carbon solid (gheața uscată), azotul lichid, amestecuri frigorifice, agenți frigorifici, etc.

Întrucât transferul de căldură se realizează prin toate cele trei moduri, pentru calculele practice se pleacă de la ecuațiile stabilite în paragrafele anterioare, corespunzător convecției, radiației și conductivității.

Procedeele de obținere a frigului au la bază procese care pot fi clasificate astfel:

◆ procese cu agent frigorific:

- *în circuit deschis*: cu gheață, cu amestecuri refrigerente, prin evaporarea apei sau a altor lichide, prin vaporizarea unor lichide la saturație;
- *în circuit închis prin vaporizarea unor lichide la saturație*: în instalații cu comprimare mecanică, în instalații cu absorbție, în instalații cu ejectoare;

◆ procese fără agent frigorific: prin fenomene termoelectrice, fenomene termomagnetice, fenomene termomagneto-electrice.

3.6.3. Termosterilizarea

Termosterilizarea constituie un procedeu de conservare bazat pe inactivarea, prin tratament termic, a microorganismelor. Nivelul ridicat al temperaturii acționează asupra microorganismelor după un mecanism încă neelucidat în totalitate. Au fost puse în evidență procese de denaturare a proteinelor, de inactivare a enzimelor, un dezechilibru al proceselor vitale, etc.

Pentru reducerea populației microbiene până la anumite nivele sau pentru distrugerea ei, produsele alimentare sunt supuse la tratamente termice precum pasteurizarea sau sterilizarea, procese asupra cărora acționează mai mulți factori.

Durata și nivelul temperaturii reprezintă criterii fundamentale și care condiționează distrugerea sau inactivarea sporilor patogeni termorezistenți. Inactivarea sporilor de *Clostridium botulinum* (cei mai rezistenți la temperaturi ridicate și capabili să se dezvolte în condițiile anaerobe din conserve), constituie criteriul etalon asupra eficacității unui regim termosterilizant. S-a definit timpul de distrugere termică (TDT) ca fiind timpul necesar pentru distrugerea completă a microorganismelor dintr-o suspensie, la o anumită temperatură.

3.7. Operații cu transfer de căldură cu schimbarea stării de agregare

Atunci când unul sau ambele fluide, între care se produce schimbul de căldură, își schimbă starea de agregare, studiul procesului și calculul forței motrice trebuie să privească din punctul de vedere al operației de bază.

Congelarea. Procesul de congelare constă în răcirea produselor până la temperaturi inferioare punctului de solidificare a apei. Rezolvarea ecuației diferențiale a propagării căldurii în acest caz este mult mai dificilă ca în cazul refrigerării, iar pentru calculul analitic al câmpurilor de temperaturi în produs, duratei procesului și cantităților de căldură schimbată, apar dificultăți semnificative.

Fierberea. Transformarea unui lichid în vapori se numește evaporare și este un proces cu consum de căldură, fenomenul având loc la suprafața lichidului și la orice presiune.

Atunci când evaporarea are loc în toată masa lichidului, cu formarea de bule de vapori, procesul se numește fierbere și se desfășoară la presiune și temperatură constantă. Căldura absorbită necesară evaporării lichidului se numește căldură latentă de vaporizare și este egală cu căldura latentă de condensare.

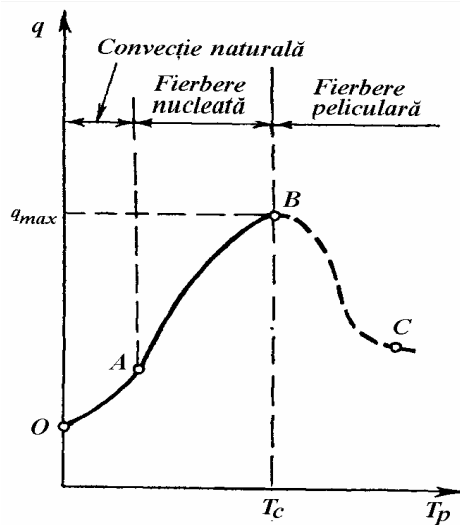


Fig.3.10. Variația fluxului unitar cu temperatura peretelui la presiune constantă

Transferul de căldură dintre suprafața care cedează căldură și lichidul aflat în fierbere este deosebit de complex. Studiile și cercetările experimentale au arătat modul de variație a fluxului termic în raport cu suprafața de încălzire (fig. 3.10.):

- O-A: reprezintă încălzirea lichidului cu consum de căldură, fără formarea de bule de vapori;
- A-B: este zona pe care se formează bule de vapori, a căror număr crește cu temperatura; bulele se desprind de perete și circulă prin lichid, ridicându-se la suprafața sa; pe această porțiune procesul se numește fierbere în bule sau fierbere

nucleată;

- B: este punctul în care frecvența de formare a bulelor de gaz este maximă, fiind caracterizat de temperatură T_c și fluxul q_{max} ; aici se schimbă regimul de fierbere;
- B-C: este zona de fierbere peliculară, când la suprafața lichidului se formează o peliculă de vapori cu conductivitate termică mai scăzută; ca urmare și fluxul unitar q prezintă o scădere apreciazabilă.

Întrucât fierberea peliculară duce la scăderea transferului de căldură, în practică se urmărește asigurarea acelor condiții pentru fierberea nucleată.

Practic temperatura de fierbere a unui lichid pur este mai mare decât temperatura de saturație a vaporilor săi. Ca urmare, supraîncălzirea ușoară a lichidului crează o forță termică ce determină un flux de căldură între lichid și vapori. Diferența de temperatură de la suprafața de separație lichid-vapori va fi:

$$T_{l,f} - T_{v,s} = 0,4 - 0,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.81.)$$

în care: $T_{l,f}$ este temperatura de fierbere a lichidului supraîncălzit;

$T_{v,s}$ – temperatura vaporilor saturați.

Frecvența de formare a bulelor pe suprafața de încălzire determină intensitatea fierberii, precum și viteza de desprindere și de deplasare a bulelor prin lichid. Pe măsură ce crește diferența de temperatură $T_p - T_{v,s}$, crește numărul centrilor de vaporizare de pe suprafața de încălzire, iar când bulele încep să se unească (T_c) apare fierberea peliculară.

Frecvența de apariție a bulelor și viteza de deplasare a acestora este determinată de diferența de temperatură $T_p - T_{l,f}$, de tensiunea superficială a lichidului și de raza de curbură a bulelor formate.

În funcție de domeniul de solicitare termică în care are loc fierberea, se stabilesc și ecuațiile criteriale ce descriu fenomenul fierberii nucleate:

► la solicitări termice mici ($q=2000-11000 \text{ W/m}^2$) schimbul de căldură nu este influențat substanțial de procesul formării bulelor de vapori; fierberea este lentă și este determinată de aportul de căldură prin convecție liberă;

► la solicitări termice mari ($q>16500 \text{ W/m}^2$) formarea unui mare număr de bule de vapori determină o agitare intensă a lichidului, având loc o fierbere intensivă.

Coeficientul de transfer prin convecție, pentru apa care fierbe la presiunea atmosferică, se determină cu relația:

$$\alpha_a = 1100 + 0,077 \cdot q \quad (3.82.)$$

Dacă fierberea are loc la o presiune diferită de cea atmosferică, coeficientul α se obține din relația:

$$\alpha_a = 3,14 \cdot q^{0,7} p^{0,15} \quad (3.83.)$$

sau:

$$\alpha_a = 43,5(T_p - T_{l,f})^{2,33} p^{0,5} \quad (3.84.)$$

În cazul unui lichid, altul decât apa, se poate utiliza relația care dă raportul coeficienților de transfer ai lichidului, respectiv al apei:

■ pentru fierberea lentă:

$$\frac{\alpha}{\alpha_a} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_a}\right)^{0,75} \left(\frac{\rho}{\rho_a}\right)^{0,5} \left(\frac{\beta}{\beta_a}\right)^{0,25} \left(\frac{c_p}{c_{p,a}}\right)^{0,25} \left(\frac{\eta}{\eta_a}\right)^{-0,25} \quad (3.85.)$$

■ pentru fierberea intensă:

$$\frac{\alpha}{\alpha_a} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_a}\right)^{0,75} \left(\frac{\rho}{\rho_a}\right)^{0,7} \left(\frac{c_p}{c_{p,a}}\right)^{0,12} \left(\frac{\eta}{\eta_a}\right)^{-0,94} \quad (3.86.)$$

Pentru aprecierea solicitării termice maxime se poate utilize relația Rohsenov-Griffith:

$$q_{\max} = k \cdot \rho_v r_l \left(\frac{\rho_l}{\rho_v} - 1\right)^{0,6} \quad (3.87.)$$

în care: $k=1,21 \times 10^{-2}$ m/s;

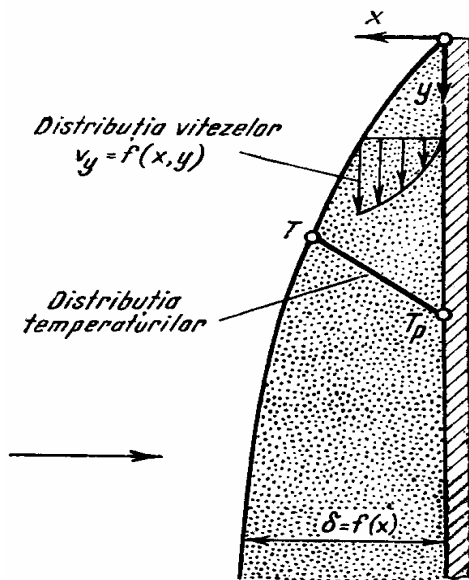
ρ_l – densitatea lichidului;

ρ_v – densitatea vaporilor.

Condensarea. Condensarea reprezintă fenomenul de trecere a unor vapori în stare lichidă, prin cedarea unei cantități de căldură, numită căldură latentă de condensare.

Condensarea poate avea loc pentru vaporii unei singure substanțe sau pentru un amestec de substanțe, astfel:

- în picături, când vaporii condensati nu udă suprafața de răcire;
- peliculară sau în film, când condensul udă perfect suprafața de răcire, lichidul fiind prezent sub forma unui film continuu.



Pentru a putea stabili valorile coeficientului individual de transfer de căldură, se va pleca de la modelul Nusselt (fig. 3.11.), unde are loc condensarea peliculară a vaporilor saturați ai unei substanțe pure, pe suprafața unei țevi verticale.

Se consideră că fluxul de căldură care trece de la pelicula de condens la suprafața de răcire, ca fiind egală cu fluxul de căldură introdus în peliculă de vapori în condensare. Totodată, condensul va curge laminar, numai sub acțiunea forțelor de gravitație.

Cum diametrul țevii este cu mult mai mare decât grosimea δ a peliculei de condens, suprafața de condensare se poate asimila cu o suprafață plană (coordonatele cilindrice se pot substitui prin coordonate rectangulare).

Fig. 3.11. Modelul Nusselt

În aceste condiții, ecuațiile Navier-Stokes pentru transferul de impuls ale componente vitezei v_y se pot scrie sub forma:

$$\frac{\partial v_y}{\partial t} + \frac{\partial v_y}{\partial x} v_x + \frac{\partial v_y}{\partial y} v_y + \frac{\partial v_y}{\partial z} v_z = g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2} \right) \quad (3.88.)$$

Conform modelului Nusselt, $\frac{\partial v_y}{\partial t}$, $\frac{\partial v_y}{\partial y}$, v_x , v_z , $\frac{\partial p}{\partial y}$ sunt egale cu zero, iar componentele vitezei v_z pe direcțiile y și z sunt neglijabile.

Cu acestea, relația (3.110.) se simplifică până la forma:

$$\frac{d^2 v_y}{dx^2} = -\frac{g}{\nu} \quad (3.89.)$$

Se integrează succesiv și se obține:

$$\begin{aligned} \frac{dv_y}{dx} &= -\frac{g}{\nu} x + k_1 \\ v_y &= -\frac{1}{2} \frac{g}{\nu} x^2 + k_1 x + k_2 \end{aligned} \quad (3.90.)$$

Din condițiile la limită ($v_y=0$, $x=0$, $x=\delta$ și $\frac{dv_y}{dx} = 0$) se obțin valorile constantelor de integrare.

Relația (3.112.) se mai poate scrie sub forma:

$$v_y = \frac{g}{\nu} \left(\delta \cdot x - \frac{x^2}{2} \right) \quad (3.91.)$$

Integrând relația de mai sus pe toată grosimea peliculei și neglijând variația lui δ pe înălțimea peretelui, se obține viteza medie de curgere a condensului:

$$\bar{v} = \int_{x=0}^{x=\delta} v_y dx = \frac{1}{3} \frac{\delta^3 g}{\nu} \quad (3.92.)$$

Debitul unitar de condens la distanța z față de partea superioară a peretelui este:

$$m_{m,y} = \bar{v} \rho = \frac{1}{3} \frac{\delta^3 g}{\nu} \rho \quad (3.93.)$$

Prin diferențiere se obține:

$$dm_{m,y} = \frac{g}{\nu} \rho \delta^2 d\delta \quad (3.94.)$$

Pe de altă parte, debitul masic de condens rezultă din bilanțul termic în care, fluxul de căldură transmis de pelicula de condens spre perete este egal cu fluxul de căldură latentă de condensare:

$$\frac{\lambda}{\delta} (T_{v,s} - T_p) dy = r_l dm_{m,y} \quad (3.95.)$$

Egalând cele două ecuații se obține:

$$dy = \frac{r_l g \rho^2 \delta^3}{\eta \lambda (T_{v,s} - T_p)} d\delta \quad (3.96.)$$

Integrarea ecuației pentru $y=0$ și $\delta=0$, va duce la relația:

$$y = \frac{r_l g \rho^2 \delta^4}{4\eta \lambda (T_{v,s} - T_p)} \quad (3.97.)$$

De aici rezultă grosimea filmului de condens la nivelul z :

$$\delta_y = \sqrt[4]{\frac{4\eta \lambda y (T_{v,s} - T_p)}{r_l g \rho^2}} \quad (3.98.)$$

iar pentru coeficientul local de transfer de căldură α_y :

$$\alpha_y = \frac{\lambda}{\delta_y} = \sqrt[4]{\frac{r_l \rho^2 g \lambda^3}{4\eta_y(T_{v,s} - T_p)}} \quad (3.99.)$$

Pentru un perete vertical de înălțime H, valoarea medie a coeficientului individual de transfer termic are forma:

$$\bar{\alpha} = \frac{3}{4} \sqrt[4]{\frac{r_l \rho^2 g \lambda^3}{\eta H (T_{v,s} - T_p)}} \quad (3.100.)$$

și reprezintă ecuația lui Nusselt pentru vaporii în condensare pe suprafața unei țevi verticale.

Relația (3.122.) este aplicabilă doar în cazul curgerii laminare. Cum însă în practică pelicula ajunge, după o anumită distanță de curgere, la o grosime δ , unde curgerea devine turbulentă ($Re = \frac{4\delta\rho v}{\eta}$), mărind aria de contact și implicit pe α , în asemenea condiții, ecuația lui

Nusselt a fost modificată în forma:

$$\bar{\alpha} = 1,15 \cdot \sqrt[4]{\frac{r_l \rho^2 g \lambda^3}{\eta H (T_{v,s} - T_p)}} \quad (3.101.)$$

iar pentru vaporii de apă saturați, condensați pe țevi verticale:

$$\alpha_{abur} = 2,04 \cdot k_1 \cdot \sqrt[4]{\frac{r_l}{H (T_{v,s} - T_p)}} \quad (3.102.)$$

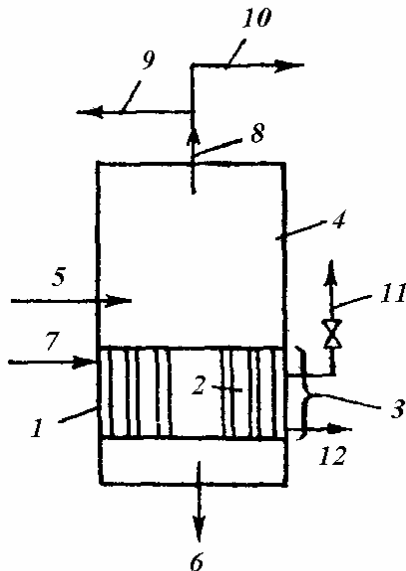
unde k_1 este un coeficient ce depinde de temperatura peliculei de condens.

Dintre factorii care influențează procesul de condensare și odată cu aceasta și coeficientul individual de transfer termic, se pot menționa:

- ▶ viteza, presiunea și direcția de curgere a vaporilor;
- ▶ supraîncălzirea vaporilor;
- ▶ prezența gazelor necondensabile, care inhibă transferul de căldură.

Evaporarea. Evaporarea este fenomenul fizic de trecere a unei faze lichide în stare de vapori. Ca operație unitară ea reprezintă procesul prin care se concentrează o soluție, formată dintr-un dizolvant volatil și o substanță solidă sau lichidă nevolatilă natural, prin îndepărtarea unei părți din dizolvant sub formă de vapori. Ea se deosebește de distilare prin faptul că unul din componenți fiind nevolatil, vaporii rezultați sunt formați dintr-un singur component.

În industria alimentară, cele mai multe soluții supuse evaporării sunt apoase, soluția concentrată fiind produsul valoros.



Aparatele în care are loc procesul se numesc evaporatoare (schema de principiu este prezentată în figura 3.12.), iar ca agent de încălzire se folosește cu preponderență vaporii de apă sau aburul. Corpul evaporatorului 1 este de formă cilindrică, prevăzut cu un fascicul tubular 2, ce formează camera de încălzire 3. Spațiul de degajare al vaporilor 4 se mai numește și cameră de fierbere. Soluția inițială sau diluată 5 intră în evaporator și iese soluția finală sau concentrată 6. Vaporii de încălzire sau primari 7 determină degajarea din soluție a vaporilor secundari 8, ca rezultat al evaporării și care pot fi utilizați la încălzirea altor aparate (extraabur sau abur de priză 9), fie sunt trimiși prin conducta 10 la un condensator.

Fig.3.12. Schema de principiu a unui evaporator

Gazele necondensabile din vaporii de încălzire

sunt evacuați prin racordul 11, iar condensul prin racordul 12, situat la partea inferioară a camerei de încălzire.

În funcție de modul cum este folosit aburul primar și cel secundar ca agenți de încălzire, se disting trei metode de evaporare:

- evaporare simplă;
- evaporare simplă cu pompă de căldură;
- evaporare multiplă.

Capacitatea de evaporare reprezintă cantitatea de dizolvant evaporat, raportată la unitatea de timp și de suprafață de transfer de căldură:

$$C_e = \frac{M_e}{A \cdot t} \quad (3.103.)$$

în care: M_e este masa de solvent evaporat;

A – suprafața de transfer de căldură;

t – durata de evaporare.

Concentrația soluției. Temperatura de fierbere a dizolvantului în stare pură diferă de cea a soluției, fiind mai scăzută, această creștere de temperatură de fierbere a soluției fiind determinată de concentrația soluției.

Viteza de circulație a soluției. Creșterea coeficientului de transfer de căldură are loc la circulația forțată a soluției și la curgerea sub formă de film subțire. Astfel se reduce suprafața de schimb de căldură necesară și crește capacitatea de evaporare.

Potențialul termic. Este un factor important, de mărimea lui depinzând cantitatea de căldură transferată. El poate fi mărit prin creșterea temperaturii agentului de încălzire sau prin reducerea presiunii din camera de fierbere a soluției (scade temperatura și crește potențialul termic).

Raportul dintre suprafața de schimb de căldură și volumul soluției. Cu cât acest raport este mai mare, cu atât se schimbă mai multă căldură, mărind productivitatea evaporatorului. Cele mai eficiente aparate, sub aspectul acestui raport, sunt cele cu fascicul tubular și cele cu film subțire.

Formarea de cruste. Formarea crustei pe suprafața de încălzire mărește rezistența la transferul de căldură. Acest fapt se datorează depunerii unor săruri pe care le conține soluția supusă prelucrării. Depunerile se fac mai greu la viteze mari de circulație a soluției, când apare un efect de continuă erodare a depunerilor. Ca urmare, se recomandă ca la soluțiile cu tendință de depunere a sărurilor, circulația să fie intensă sau circulația naturală să fie înlocuită cu cea forțată.

Formarea spumei. Unele soluții au proprietatea de a forma spumă la suprafață, în timpul fierberii. Acest fapt impune ca fierberea lor să fie lentă sau să se adauge în soluții substanțe antispumante. Dacă fierberea este intensă, spuma formată poate umple tot spațiul de fierbere, ieșind din aparat odată cu vaporii secundari.

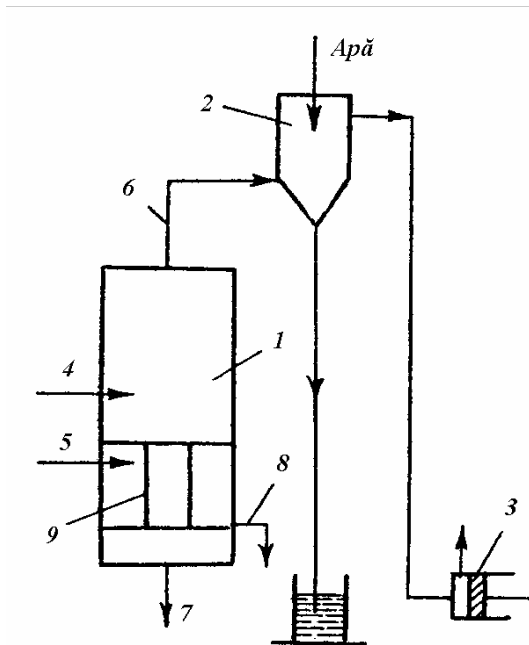
Presiunea din camera de fierbere determină temperatura de fierbere a soluției. Astfel, soluția va fierbe la o temperatură cu atât mai ridicată, cu cât presiunea de lucru este mai mare. Deoarece aparatul de încălzire are o anumită temperatură, prin creșterea punctului de fierbere, ca efect al creșterii presiunii, se micșorează diferența de temperatură sub care are loc transferul de căldură.

Temperatura de fierbere în aparat crește de la suprafață spre partea inferioară, din cauza presiunii hidrostatice a coloanei de soluție (efectul hidrostatic), creștere care, de cele mai multe ori se neglijează.

La evaporarea simplă căldura cedată de vaporii de încălzire se folosesc o singură dată, iar vaporii secundari sunt evacuați în atmosferă sau sunt trecuți la un condensator.

Principiul evaporării simple este prezentat în figura 3.13. Soluția diluată este introdusă în corpul de evaporare 1 prin racordul 4, iar agentul de încălzire prin racordul 5. Vaporii secundari ies prin conducta 6 și sunt trecuți prin condensatorul 2. Soluția concentrată este evacuată prin racordul 7, iar condensul de la vaporii de încălzire prin racordul 8, așezat în apropierea suprafeței

de încălzire a fascicolului tubular 9. Pompa de vid preliminar 3 are rolul de a elimina gazele necondensabile și de menținere a vidului, când aparatul lucrează sub vid.



Pentru a determina cantitatea de dizolvant evaporat, în limitele cunoscute de variație a concentrației, se pleacă de la bilanțul de materiale. Întrucât cantitatea de substanță dizolvată rămâne aceeași pe tot timpul evaporării, se poate scrie:

$$M_d C_{md} = M_c C_{mc} \quad (3.104.)$$

în care: M_d este masa soluției diluate;

M_c – masa soluției concentrate;

C_{md} – concentrația soluției diluate;

C_{mc} – concentrația soluției concentrate.

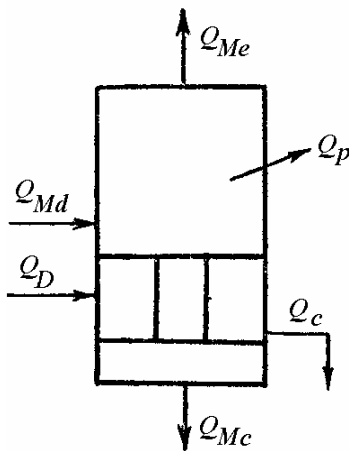
Diferența $M_d - M_c = M_e$ reprezintă masa dizolvanțului evaporat.

$$M_e = M_d \left(1 - \frac{C_{md}}{C_{mc}} \right) \quad (3.105.)$$

Fig. 3.13. Schema evaporării simple

Când trebuie determinată concentrația soluției, după îndepărtarea unei anumite mase de dizolvant, se folosește relația:

$$C_{mc} = \frac{M_d C_{md}}{M_d - M_e} \quad (3.106.)$$



Pentru scrierea bilanțului termic se pleacă de la figura 3.14. în care sunt prezentate fluxurile termice intrate și ieșite, la care se neglijează sursele de căldură interioare. Căldurile intrate sunt: Q_D cu aburul de încălzire și Q_{Md} cu masa soluției diluate. Căldurile ieșite sunt: Q_c cu masa condensului, Q_{Mc} cu soluția concentrată, Q_{Me} cu vaporii secundari și Q_p pierdută prin pereții aparatului.

Ecuția bilanțului termic va avea forma:

$$Q_D + Q_{md} = Q_c + Q_{Mc} + Q_{Me} + Q_p \quad (3.107.)$$

Fig. 3.14. Schema bilanțului termic

unde:

$$Q_D = D \cdot i_D$$

$$Q_{Md} = M_d c_{pd} T_d$$

$$Q_c = D \cdot i_c$$

$$Q_{Me} = M_e i_{Me}$$

$$Q_{Mc} = M_c c_{pc} T_c$$

$$Q_p = K \cdot A \cdot \Delta T_m$$

(3.108.)

în care: D este cantitatea de abur de încălzire;

i_D – entalpia aburului de încălzire;

i_c – entalpia condensului;

i_{Me} – entalpia vaporilor secundari;

c_{pc} – căldura specifică a soluției concentrate;

c_{pd} – căldura specifică a soluției diluate;

T_c – temperatura soluției concentrate;

T_d – temperatura soluției diluate;

K – coeficient global de transfer de căldură;

A – suprafața prin care se pierde căldura;

ΔT_m – potențialul termic global la care are loc pierderea de căldură cu exteriorul.

Din acest bilanț termic se poate afla necesarul de abur de încălzire:

$$D = \frac{(M_c c_{pc} T_c - M_d c_{pd} T_d) + M_e i_{Me} + KA \Delta T_m}{i_D - i_c} \quad (3.109.)$$

Se definește coeficientul de evaporare ca fiind cantitatea de apă evaporată cu ajutorul unui kilogram de abur primar:

$$\alpha = \frac{i_D - i_c}{i_{Me} - c_{pc} T_c} \quad (3.110.)$$

Se definește coeficientul de autoevaporare ca fiind cantitatea de apă evaporată cu ajutorul căldurii elaborate de un kilogram de soluție, care intră în evaporator cu o temperatură mai mare decât temperatura de fierbere și se răcește prin autoevaporare, până la temperatura de fierbere din spațiul în care a intrat:

$$\beta = \frac{T_d - T_c}{i_{Me} - c_{pc} T_c} \quad (3.111.)$$

Plecând de la relația (3.129.) și ținînd cont de faptul că $M_c = M_d - M_e$, se obține:

$$D \cdot i_d + M_d c_{pd} T_d = D \cdot i_c + (M_d - M_e) c_{pc} T_c + M_e i_{Me} \quad (3.112.)$$

sau:

$$D(i_d - i_c) + M_d c_{pd} (T_d - T_c) = M_e (i_{Me} - c_{pc} T_c) \quad (3.113.)$$

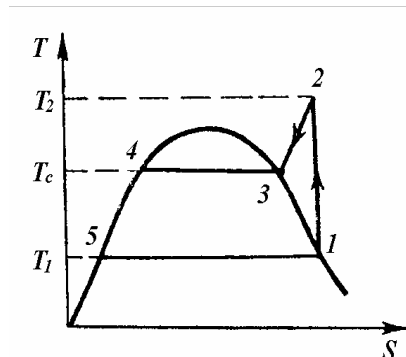
De aici se poate obține masa dizolvantului evaporat:

$$M_e = D \frac{i_d - i_c}{i_{Me} - c_{pc} T_c} + M_d c_{pd} \frac{T_d - T_c}{i_{Me} - c_{pc} T_c} = D \cdot \alpha + M_d c_{pc} \beta \quad (3.114.)$$

de unde consumul de abur primar va fi:

$$D = \frac{M_e - M_d c_{pc} T_c}{\alpha} \quad (3.115.)$$

Numitorul are numai valori pozitive deoarece $i_{Me} > c_{pc} T_c > T_c$, în timp ce diferența $T_d - T_c$ poate fi negativă, zero sau pozitivă.



Vaporii secundari obținuți la evaporare, dacă sunt trecuți la un condensator, pierd toată căldura lor. Ei pot fi folosiți, cu recuperarea unei părți din căldură, la încălzirea soluției din care provin. O ușoară comprimare adiatică a lor duce la ridicarea temperaturii cu $8-10^0$ peste punctul de fierbere al soluției, suficientă pentru a produce transferul de căldură.

Din diagrama comprimării adiatică (fig. 3.15.) trasată în coordonatele entropie-temperatură se poate observa că:

Fig. 3.15. Diagrama de comprimare

■ 1-2 este izotropa ce reprezintă comprimarea vaporilor a căror temperatură crește de la T_1 la T_2 ;
 ■ 2-3-4 reprezintă răcirea și condensarea vaporilor în camera de încălzire la $T=T_c$;
 ■ 5-1 are loc evaporarea prin fierbere, la temperatura T_1 .
 Diferența T_c-T_1 este diferența de temperatură sub care se desfășoară transferul de căldură.
 În practică se folosesc două moduri de comprimare a vaporilor secundari: mecanică, cu un turbocompresor (fig. 3.16.a.) și termocompresie, cu un injector cu vapori de presiune înaltă (fig. 3.16.b.). În ambele cazuri se face o mare economie de abur, dar se consumă în schimb un lucru mecanic.

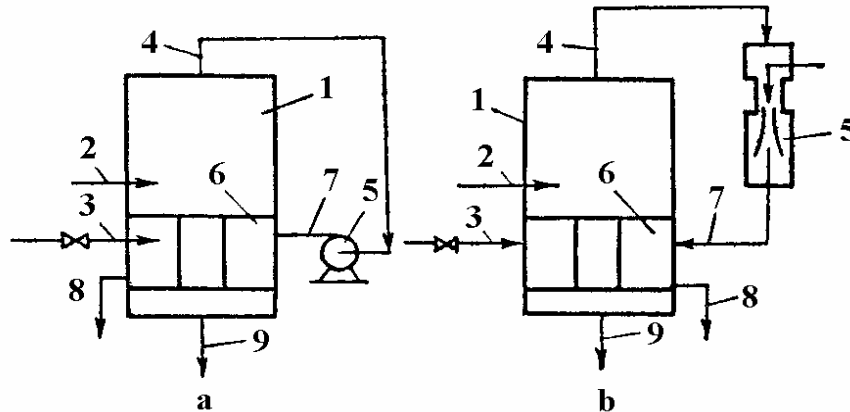


Fig. 3.16. Comprimarea vaporilor la evaporarea simplă: a- mecanică b-cu termocompresie

Procesul de lucru se desfășoară după cum urmează. Soluția intră în camera de fierbere 1, prin conducta 2, se încălzește cu aburul primar 3, până ajunge la fierbere. Se oprește alimentarea cu abur primar și se trece pe alimentarea cu abur secundar 4, recomprimat în turbocompresorul sau injectorul 5, de unde intră în camera de încălzire 6 prin conducta 7. Condensul și soluția concentrată se evacuează prin conductele 8, respectiv 9.

Evaporarea multiplă folosește vaporii secundari rezultați dintr-un evaporator, ca agent de încălzire la un alt evaporator, cu condiția ca temperatura de fierbere a soluției din al doilea evaporator să fie mai mică decât temperatura vaporilor rezultați din primul. Pe acest principiu se ajunge la stațiile de evaporare cu până la 10-11 corpuri, metoda fiind denumită evaporare multiplă.

Prin condensarea vaporilor secundari de la ultimul corp de evaporare, se crează vid în condensator, vid care determină scăderea presiunii și implicit a temperaturii de fierbere din corpul de evaporare.

În funcție de sensul de curgere a soluției față de vaporii secundari, există patru modalități de aranjare și funcționare a stațiilor de evaporare:

- ▶ în echicurent;
- ▶ în contracurent;
- ▶ în curent mixt;
- ▶ cu alimentare separată a evaporatoarelor cu soluție diluată.

Pentru a determina consumul de abur primar și a suprafeței de încălzire, se pleacă de la schema unei instalații de evaporare cu trei corpuri în echicurent (fig. 3.17.).

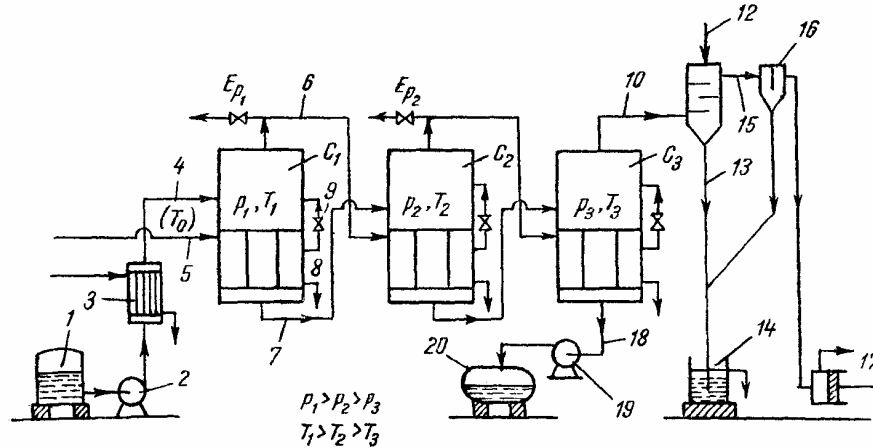


Fig. 3.17. Schema stației de evaporare cu trei corpuri în echicurent

Din rezervorul 1 soluția diluată este trimisă de pompa 2, prin schimbătorul de căldură 3 și conducta 4, în primul corp de evaporare C_1 . Prin conducta 5 este adus în camera de încălzire aburul primar. Vaporii secundari rezultați ies prin conducta 6 și ajung în camera de încălzire al celui de-al doilea corp de evaporare C_2 . Soluția concentrată iese prin conducta 7 și trece în corpul C_2 . Condensul din camera de încălzire iese prin racordul 8, iar gazele necondensabile prin robinetul 9.

Același lucru se petrece și între corpurile C_2 și C_3 . Aburul secundar de la ultimul corp trece prin conducta 10 la condensatorul barometric 11, condensând cu apa ce intră prin racordul 12. Amestecul condens-apă se scurge prin conducta 13 la rezervorul 14. Gazele necondensabile din condensator sunt eliminate cu pompa de vid 17, prin conducta 15 și separatorul de picături 16, menținând astfel vidul în condensator.

Deoarece corpul C_3 lucrează sub vid, evacuarea soluției concentrate nu poate fi făcută prin cădere liberă. Ca urmare, cu ajutorul pompei 19, soluția ajunge prin conducta 18 în rezervorul 20.

Circulația soluției de la un corp la altul se face ca urmare a diferenței de presiune ce există între corpuri. Sunt realizate astfel condițiile: $p_1 > p_2 > p_3$ și $T_1 > T_2 > T_3$.

Numărul de corpuri de evaporare se stabilește inițial, pe lângă care mai trebuie știute: cantitatea de soluție diluată, concentrația inițială și finală, presiunea aburului primar și mărimea vidului din ultimul corp de evaporare.

Fluxurile de căldură din corpurile de evaporare sunt:

$$\begin{aligned} Q_1 &= K_1 A_1 \Delta T_1 = K_1 A_1 (T_0 - T_1) \\ Q_2 &= K_2 A_2 \Delta T_2 = K_2 A_2 (T_1 - T_2) \\ Q_3 &= K_3 A_3 \Delta T_3 = K_3 A_3 (T_2 - T_3) \end{aligned} \quad (3.116.)$$

în care: K_1, K_2, K_3 sunt coeficienții globali de transfer de căldură;

A_1, A_2, A_3 – suprafețele de încălzire;

$\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3$ – căderile de temperatură pe cele trei corpuri.

Dacă suprafețele de încălzire sunt egale ($A_1 = A_2 = A_3$) și fluxurile de căldură sunt egale ($Q_1 = Q_2 = Q_3$), se obține:

$$K_1 \Delta T_1 = K_2 \Delta T_2 = K_3 \Delta T_3 \quad (3.117.)$$

sau:

$$\frac{\Delta T_1}{\frac{1}{K_1}} = \frac{\Delta T_2}{\frac{1}{K_2}} = \frac{\Delta T_3}{\frac{1}{K_3}}$$

Notând $\sum \Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3$ și folosind proprietatea rapoartelor egale, se pot obține căderile de temperatură pentru fiecare corp:

$$\Delta T_1 = \frac{1}{K_1} \frac{\sum \Delta T}{\sum \frac{1}{K_i}}; \Delta T_2 = \frac{1}{K_2} \frac{\sum \Delta T}{\sum \frac{1}{K_i}}; \Delta T_3 = \frac{1}{K_3} \frac{\sum \Delta T}{\sum \frac{1}{K_i}} \quad (3.118.)$$

Cu aceste valori ale căderilor de temperatură, din ecuațiile (3.116.) se pot afla temperaturile de fierbere T_1 , T_2 și T_3 .

Se scriu bilanțurile termice pentru fiecare corp, în ipoteza că vaporii de încălzire suferă numai procesul de condensare și deci, temperatura condensului este egală cu cea a vaporilor din care provin.

$$\begin{aligned} D_0 r_0 &= M_d c_{p1} (T_1 - T_0) + M_{e1} r_1 \\ M_{e1} r_1 + (M_d - M_{e1}) c_{p2} (T_1 - T_2) &= M_{e2} r_2 \\ M_{e2} r_2 + (M_d - M_{e1} - M_{e2}) c_{p3} (T_2 - T_3) &= M_{e3} r_3 \end{aligned} \quad (3.119.)$$

în care r_0 , r_1 , r_2 și r_3 sunt căldurile latente de evaporare.

Dacă se ține cont că $M_e = M_{e1} + M_{e2} + M_{e3}$, se poate calcula cantitatea de apă evaporată în fiecare corp și consumul de abur primar D_0 .

Pentru suprafețele de transfer de căldură pe cele trei corpuri de evaporare se obține:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{D_0 r_0}{K_1 \Delta T_1} \\ A_2 &= \frac{M_{e1} r_1}{K_2 \Delta T_2} \\ A_3 &= \frac{M_{e2} r_2}{K_3 \Delta T_3} \end{aligned} \quad (3.120.)$$

Un asemenea mod de calcul se poate extinde și la stațiile de evaporare cu un număr oarecare de corpuri de evaporare. În acele cazuri în care creșterea punctului de fierbere, căldura de concentrare și efectul hidrostatic nu pot fi neglijate, se vor face corecțiile de rigoare.

CAPITOLUL IV. OPERAȚII DE TRANSFER DE MASĂ

În urma unor transformări fizice și chimice, în industria alimentară rezultă amestecuri de substanțe gazoase, lichide și solide, precum și amestecuri de două sau trei faze. Întrucât majoritatea lor nu se pot folosi ca atare, este necesar separarea componentelor sau modificarea concentrației unui component al amestecului, fapt ce presupune îndepărtarea sau introducerea unei substanțe din acel amestec.

În cele ce urmează vor fi studiate doar transformările fizice care se realizează prin transfer de masă dintr-o fază în alta, și care folosesc diferențele de presiuni de vapori, solubilitatea, concentrația, împreună cu un gradient termic. Este cunoscut faptul că la baza trecerii substanțelor dintr-o fază în alta stă fenomenul de difuziune, astfel că:

- transferul de masă reprezintă acel domeniu de studiu care se ocupă cu legile și fenomenele de separare a amestecurilor omogene prin difuziune;
- operațiile de transfer de masă sunt acele operații fizice care folosesc difuziunea (cele mai importante sunt: absorbția, adsorbția, extracția, rectificarea, uscarea și cristalizarea).

4.1. Exprimarea compoziției fazelor

În studiul transferului de masă se utilizează două moduri de exprimare a compoziției fazelor: fracții sau rapoarte de masă, volumice sau molare.

Fracția molară (C_M) este raportul dintre numărul de moli ai unui component și numărul total de moli ai componentelor amestecului. Pentru un amestec format din n componente, fiecare cu N_1, N_2, \dots, N_n moli, fracția molară pentru componentul i va fi:

$$C_{Mi} = \frac{N_i}{N_1 + N_2 + \dots + N_n}, \text{ moli component } i/\text{moli amestec} \quad (4.1.)$$

dacă se exprimă sub formă de concentrații masice (C_{m1}, \dots, C_{mn}) se obține:

$$C_{Mi} = \frac{\frac{C_{mi}}{M_{0i}}}{\frac{C_{m1}}{M_{01}} + \dots + \frac{C_{mn}}{M_{0n}}}, \text{ moli de component } i/\text{moli amestec} \quad (4.2.)$$

în care M_0 este masa molară.

Trebuie menționat că numai la gaze fracțiile molare sunt egale numeric cu fracțiile de volum ($C_M = C_V$).

Raportul molar (C_M^0) reprezintă raportul dintre numărul de moli a doi componente. În cazul unui amestec cu n componente și se poate scrie:

$$C_{Mi,1}^0 = \frac{N_i}{N_1}; \dots; C_{Mi,n}^0 = \frac{N_i}{N_n} \quad (4.3.)$$

Fracția masică (C_m) reprezintă numărul de kilograme de substanță ale unui component, aflate într-un kilogram de amestec:

$$C_{mi} = \frac{M_i}{M_1 + M_2 + \dots + M_n}, \text{ kg de component/kg amestec} \quad (4.4.)$$

În practică, raportul masic este folosit în special la exprimarea concentrațiilor soluțiilor binare de săruri în apă sau alți dizolvanți.

Fracția volumică (C_V) reprezintă raportul dintre numărul de unități de volum al unui component aflat în unitatea de volum a amestecului:

$$C_{Vi} = \frac{V_i}{V_1 + V_2 + \dots + V_n}, \text{ m}^3 \text{ de component } i/\text{m}^3 \text{ de amestec} \quad (4.5.)$$

Raportul volumic (C_v^o) se exprimă în mod similar ca la raportul molar și de masă:

$$C_{v,i,1}^0 = \frac{V_i}{V_1}; \dots; C_{v,i,n}^0 = \frac{V_i}{V_n} \quad (4.6.)$$

4.2. Echilibrul dintre faze

O fază constituie o parte dintr-un sistem, fizic omogenă, ce este separată de celelalte părți componente ale sistemului printr-o interfață. Unele faze pot fi separate pe cale mecanică, cum ar fi cazul transvazării unei faze, la sistemele alcătuite din două faze lichide nemiscibile sau o fază lichidă și una solidă.

Dacă sistemul este în mișcare, fazele sunt amestecate între ele iar odată cu încetarea mișcării fazele încep să se separe în zone distincte, exceptând sistemele eterogene stabile.

În cazul unui sistem fazele se pot afla în condiții de echilibru sau în afara condițiilor de echilibru. Procesul de transfer de masă se realizează atunci când fazele nu sunt în echilibru, viteza procesului fiind cu atât mai mare, cu cât parametrii de lucru ai fazelor sunt mai diferiți de cei de echilibru. Potențialul sub care se face transferul de masă arată diferența dintre condițiile de lucru și cele de echilibru.

Pentru a putea determina gradul și viteza de separare a componentelor unui amestec, trebuie știute condițiile de echilibru de faze și condițiile de lucru, pe baza cărora se obțin în final dimensiunile aparatului.

Din punct de vedere fizic, legea fazelor exprimă legătura dintre numărul de faze, gradele de libertate și numărul de componenți ai amestecului, aflat în condiții de echilibru:

$$F + L = C + 2 \quad (4.7.)$$

în care: F este numărul de faze;

L – numărul gradelor de libertate;

C – numărul de componenți ce intervin în sistem;

2 – parametrii exteriori care pot acționa asupra sistemului (presiunea și temperatura).

Prin grade de libertate sau grade de varianță ale unui sistem se înțelege numărul de variabile independente ce trebuie fixate, în vederea definirii sistemului la echilibru.

Pentru un sistem de tipul aer-azot-apă, se definesc două faze (gaz, lichid) și trei componenți. Dacă se neglijează prezența vaporilor de apă în aer și solubilitatea aerului în apă, conform legii fazelor, numărul gradelor de libertate este egal cu trei. Acest lucru înseamnă că existența azotului în cele două faze depinde de trei variabile independente. Cum însă mărimile variabile sunt patru (temperatură, presiune, concentrație azot în aer și apă), prin fixarea unor trei mărimi variabile se poate vedea ce devine sistemul dat, în condiții de echilibru.

Legea lui Raoult. Această lege spune că presiunea parțială a unui component din faza de vapori, în echilibru cu faza lichidă, este egală cu produsul dintre presiunea de vapori a componentului în stare pură și fracția molară a componentului în faza lichidă, la temperatura de fierbere a amestecului:

$$p_i = P_i C_{Mi} \quad (4.8.)$$

în care: p_i este presiunea parțială a componentului i ;

P_i – presiunea de vapori a componentului i în stare pură;

C_{Mi} – fracția molară a componentului i în faza lichidă.

Trecerea de la presiunea parțială la fracția molară se face cu ajutorul legii lui Dalton, conform căreia fracția molară a unui component dintr-un amestec gazos (vapori) este egală cu raportul dintre presiunea parțială a componentului p_i și presiunea totală a amestecului p :

$$C_{Mi,g} = \frac{p_i}{p} \quad (4.9.)$$

Conform aceleiași legi, presiunea totală a unui amestec de gaze (vapori) este suma presiunilor parțiale ale componentelor A, B, C, ..., N din amestec:

$$p = p_A + p_B + p_C + \dots + p_N \quad (4.10.)$$

Pentru un amestec binar cu componenții A- ușor volatil și B- greu volatil, conform legii lui Raoult vom avea:

$$p_A = P_A C_{MA} \quad (4.11.)$$

$$p_B = P_B C_{MB}$$

Presiunea totală din faza de vapori va fi:

$$p = P_A C_{MA} + P_B C_{MB} \quad (4.12.)$$

Întrucât suma fracțiilor molare este egală cu unitatea se obține:

$$p = (P_A - P_B) C_{MA} + P_B \quad (4.13.)$$

Astfel fracțiile molare vor fi:

$$C_{MA} = \frac{p - P_B}{P_A - P_B} \quad (4.14.)$$

$$C_{MB} = 1 - C_{MA}$$

Legea lui Dalton se folosește și în cazul în care se cere aflarea compoziției fazei vapori în funcție de compoziția fazei lichide. Așadar, presiunea p_i se înlocuiește cu legea Raoult scrisă pentru componenții A, respectiv B:

$$C_{MAv} = \frac{P_A C_{MA}}{p} \quad (4.15.)$$

$$C_{MBv} = \frac{P_B C_{MB}}{p} = 1 - C_{MAv}$$

Legea lui Raoult este utilizată la separarea sistemelor lichide ideale prin distilare. Prin reprezentarea grafică a ecuațiilor (4.14.) și (4.15.) se obține curba de echilibru la sistemele bifazice lichid-vapori, folosite frecvent la analiza funcțională a coloanelor de rectificare.

Legea lui Henry spune că presiunea parțială a unui gaz aflat în echilibru cu soluția, este direct proporțională cu fracția sa molară din soluție și un coeficient de proporționalitate (coeficient Henry):

$$p_A = k_{HA} C_{MA} \quad (4.16.)$$

în care: p_A este presiunea parțială a componentului A din amestec;

k_{HA} – coeficientul lui Henry pentru componentul A;

C_{MA} – fracția molară a componentului A în faza lichidă.

Legea lui Henry a fost determinată pentru gaze greu solubile în contact cu o fază lichidă, Astfel, după un timp, în condiții de temperatură și presiune constante, o parte determinată de gaz se dizolvă în faza lichidă, restul rămânând într-un echilibru stabil cu soluția formată. Această lege se folosește numai pentru corpul dizolvat și este considerată ca o formă particulară a legii lui Raoult.

Legea lui Nernst. În industria alimentară se întâlnesc amestecuri din două lichide miscibile sau un lichid și un solid, pentru care separarea cărora este necesară prezența unui al treilea component (de exemplu la separarea uleiului din plante oleaginoase cu benzen), ca dizolvant selectiv. Rezultă două faze lichide (la amestecurile lichid-lichid) sau una lichidă și alta solidă (la amestecurile solid-lichid), cu compoziții diferite. Ca urmare, substanța care se extrage din amestec se distribuie, pe baza dublei solubilități, între dizolvant și componentul insolubil din amestecul inițial.

Legea de distribuție a substanțelor solubile, la echilibru, între solventul adăugat și cel în care se află inițial, este cunoscută ca legea de repartiziție a lui Nernst sau mai general, legea de repartiziție a substanțelor între doi dizolvanți:

$$C_{MA1} = k_N C_{MA2} \quad (4.17.)$$

unde: C_{MA1} este fracția molară a substanței extractibile aflată în dizolvant;

k_N – coeficientul de repartiziție a lui Nernst;

C_{MA2} – fracția molară a substanței extractibile rămasă în amestecul inițial.

Coeficientul de repartiție a lui Nernst se determină experimental, fiind dependent de concentrația substanței dizolvate în amestecul inițial și natura dizolvantului. El are o valoare constantă doar în domeniul soluțiilor diluate.

Legea lui Nernst este o lege cantitativă a echilibrului între două lichide nemiscibile, fiind utilizată în procesul de extracție.

4.3. Metode de separare a amestecurilor omogene

În practică amestecurile omogene se pot separa prin mai multe metode:

- ◆ difuziunea cu gradient de concentrație;
- ◆ difuziunea cu gradient termic;
- ◆ difuziunea sub gradient de presiune;
- ◆ difuziunea de masă.

Separarea prin difuziune cu gradient de concentrație. La baza separării stă procesul de difuziune moleculară. Astfel, când între două nivele din masa unui fluid există o diferență de concentrație, apare un flux difuzional de la nivelul cu concentrația mai mare la cel cu concentrația mai mică, atunci când între acestea nu este o frontieră limitativă.

Se numește gradient de concentrație, variația concentrației unui component în masa unei faze pe unitatea de lungime și acesta constituie forța motrice a multor procese de transfer de masă. Transferul de masă este cu atât mai intens, cu cât gradientul de concentrație este mai mare.

Practic s-a constatat că între masa transferată (M) și diferența de concentrație (ΔC) există o dependență directă:

$$M=f(\Delta C) \quad (4.18.)$$

În mod normal, procesul de transfer de masă decurge până la momentul în care concentrațiile fazelor puse în contact ajung la un echilibru stabil, adică se egalizează concentrațiile iar gradientii de concentrație sunt egali cu zero.

Separarea prin difuziune cu gradient termic sau termodifuziune. Prezența gradientilor termici determină apariția difuziunii moleculare în masa unui gaz. Astfel, moleculele mai grele se concentrează în zona mai rece a gazului, iar cele mai ușoare în zona mai caldă. La masă molară egală, moleculele cu diametru mai mare se concentrează în zona mai rece, iar moleculele cu diametru mai mic se concentrează în zona mai caldă.

Separarea sub gradient de presiune folosește presiunea creată de un câmp centrifugal, unde moleculele cu masă mai mare se deplasează spre periferia aparatului aflat în mișcare de rotație, iar cele cu masă mai mică se deplasează spre axa de rotație.

Cu toate că este simplu ca principiu de separare, în practică sunt necesare aparate centrifugale cu turații foarte mari care ridică probleme constructive și de rezistențe mecanice.

Separarea prin difuziunea de masă sau atmoliză este specifică separării amestecurilor de gaze și are la bază diferența vitezelor de difuziune a moleculelor dintr-un amestec gazos, într-un mediu dat.

Pentru aceasta, amestecul gazos cu doi componenți se aduce în contact cu un alt gaz, prin intermediul unui perete poros. Gazul de contactare va fi mediul în care va difuza, prin peretele poros, moleculele din amestecul de separat.

4.4. Difuziunea

Difuziunea va fi studiată numai prin gradientul de concentrație și prin care se înțelege migrarea moleculelor unei substanțe printre moleculele altei substanțe, ca efect al agitației termice a moleculelor sau a curenților de convecție. Astfel, în primul caz vom avea de a face cu o difuziune moleculară, iar în al doilea caz cu o difuziune convectivă.

Difuziunea moleculară este predominantă la viteze mici ale fazelor și poate exista fără difuziunea convectivă. La viteze mari predomină difuziunea convectivă care, este însoțită totdeauna de difuziunea moleculară.

Deoarece difuziunea moleculară este un proces lent, ce poate fi intensificat prin creșterea temperaturii, în practică se urmărește asigurarea unei difuziuni convective, la care intensitatea procesului de transfer este mai mare.

4.4.1. Difuziunea moleculară

Pe baza teoriei cinetice a gazelor, la deplasarea unei molecule cu viteză uniformă, pe o distanță anumită, apare ciocnirea cu o altă moleculă, fapt ce determină schimbarea vitezei acesteia ca direcție și mărime. Procesul se repetă continuu, rezultând un traseu sub formă de zig-zag foarte complex. Chiar dacă viteza moleculelor este foarte mare, ca urmare a ciocnirilor repetate, viteza rezultantă pentru separarea masei sub un gradient de concentrație este mică. Mai mult decât atât, viteza rezultantă scade cu presiunea, datorită creșterii numărului de ciocniri, prin micșorarea distanței dintre molecule și crește odată cu temperatura, ca efect al intensificării agitației termice.

Fenomenul este valabil și în cazul lichidelor, cu mențiunea că, datorită reducerii distanței dintre molecule și creșterii numărului de ciocniri, viteza de difuziune scade considerabil.

Se definește *fluxul de masă* ca fiind cantitatea de substanță ce difuzează printr-o anumită suprafață în unitatea de timp. Acesta este echivalentul debitului din cadrul transferului de impuls care, sub formă diferențială este:

$$N = \frac{dM}{dt} \quad (4.19.)$$

în care: M este masa transferată;
t – durata transferului.

Se definește *fluxul unitar de masă* ca fiind masa transferată în unitatea de timp, printr-o suprafață egală cu unitatea:

$$n = \frac{dM}{dA \cdot t} \quad (4.20.)$$

unde A este aria suprafeței de transfer.

În funcție de modul de exprimare al substanței transferate, unitatea de măsură poate fi: kg/(m²s), mol/(m²s) sau m³/(m²s). Fluxul unitar de masă mai este cunoscut și sub numele de viteză de transfer sau de difuziune.

Direcția celor două fluxuri este normală la suprafața de transfer, iar sensul este cel care corespunde scăderii concentrației.

Pentru difuziunea moleculară s-a stabilit legea lui Fick, conform căreia fluxul unitar de masă într-un sistem staționar este proporțional cu un coeficient numit de difuziune și cu un gradient de concentrație. La un amestec format din componentii A și B, legea lui Fick se scrie astfel:

$$\begin{aligned} n_A &= -D_{AB} \frac{dC_A}{dl} \\ n_B &= -D_{BA} \frac{dC_B}{dl} \end{aligned} \quad (4.21.)$$

unde: D_{AB} este coeficientul de difuziune a componentului A în B;

D_{BA} – coeficientul de difuziune al componentului B în A;

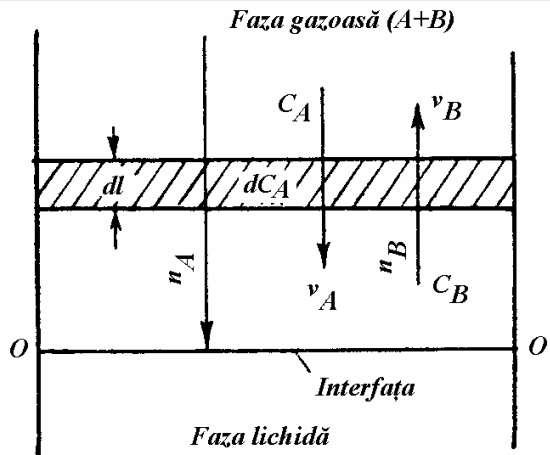
dl – lungimea pe care se produce variația de concentrație dC_A sau dC_B.

Din relațiile (4.20.) și (4.21.) se obține ecuația diferențială a cantității de masă difuzată:

$$dM_A = -D_{AB} dA \frac{dC_A}{dl} dt \quad (4.22.)$$

$$dM_B = -D_{BA} dA \frac{dC_B}{dl} dt$$

Semnul – indică faptul că difuziunea se desfășoară în sensul scăderii concentrației.



Modelul care stă la baza legii lui Fick este prezentat în figura 4.1. Se consideră o secțiune printr-o fază gazoasă formată din componentii A și B, cu concentrațiile C_A și C_B , respectiv vitezele liniare v_A și v_B . Pentru elementul de strat de grosime dl , ca urmare a difuziunii, are loc o variație de concentrație a elementului A (dC_A), proporțională cu viteza relativă a lui A față de B ($v_A - v_B$), cele două concentrații C_A și C_B , grosimea dl și un coeficient k_A caracteristic fiecărui amestec:

Fig. 4.1. Modelul difuziunii moleculare

$$\frac{dC_A}{dl} = -k_{AB} C_A C_B (v_A - v_B) \quad (4.23.)$$

Termenul $\frac{dC_A}{dl}$ reprezintă potențialul sub care se desfășoară difuziunea, iar termenul din dreapta ecuației constituie forțele de rezistență. Cum însă $n_A = C_A v_A$ și $n_B = C_B v_B$, ecuația de mai sus devine:

$$\frac{dC_A}{dl} = -k_{AB} (n_A C_B - n_B C_A) \quad (4.24.)$$

Aceasta reprezintă ecuația diferențială ce descrie, sub forma cea mai generală, cinetica difuziei. Prin integrare și particularizare ea poate fi aplicată în practică. Un asemenea caz particular este cel al difuziei echimoleculare în contracurent în care, numărul de moli ce difuzează într-un sens este egal cu cel ce difuzează în sens contrar ($n_A = -n_B$). În aceste condiții ecuația diferențială a cineticii difuziei capătă forma:

$$\frac{dC_A}{dl} = -k_{AB} n_A (C_A + C_B) \quad (4.25.)$$

sau:

$$n_A = -\frac{1}{k_{AB} (C_A + C_B)} \frac{dC_A}{dl} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dl} \quad (4.26.)$$

Prima fracție corespunde coeficientului de difuziune din legea lui Fick, astfel că relația (4.26.) reprezintă ecuația diferențială a difuziei echimoleculare. Demonstrată pentru faza gazoasă, legea a fost extinsă și la difuziunea prin lichide, respectiv solide.

Deoarece masa unui component se răspândește atât prin difuziune moleculară, cât și prin turbioanele ce apar într-o mișcare turbulentă, s-a definit difuziunea turbulentă la care fluxul unitar turbulent se exprimă tot prin legea lui Fick:

$$n_{At} = -D^{(t)} \frac{dC_A}{dl} \quad (4.27.)$$

în care $D^{(t)}$ este coeficientul de difuziune turbulentă.

Fluxul de masă difuzat prin cele două procedee va fi:

$$n_A + n_{A'} = -(D + D^{(t)}) \frac{dC_A}{dl} = -D_e \frac{dC_A}{dl} \quad (4.28.)$$

unde: D_e este coeficientul efectiv de difuziune.

Coeficientul de difuziune depinde de temperatură, presiune și natura componentilor. El se determină experimental sau se calculează cu relații empirice.

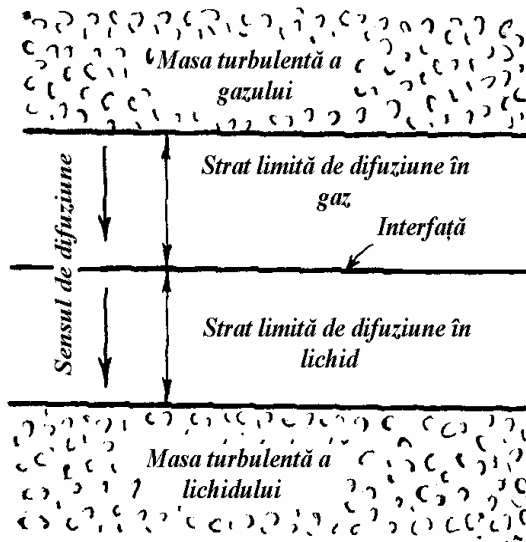


Fig. 4.2. Contactarea fazei lichide cu faza gazoasă

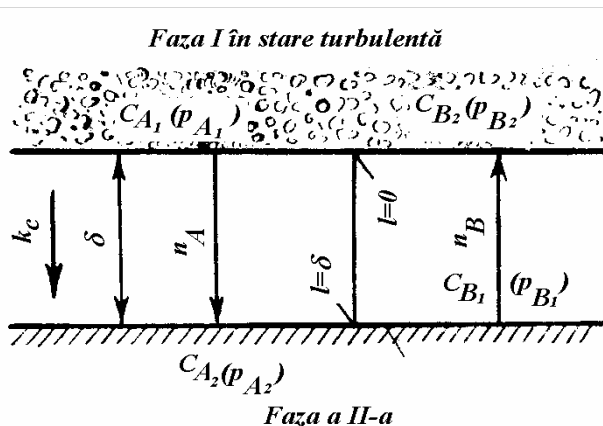
Odată ce două faze au fost puse în contact, începe procesul de difuziune. Între faze se formează o suprafață de contact numită interfață, de o parte și de alta a sa apărând două straturi limită sau filme (fig. 4.2.). În straturile limită difuziunea moleculară este determinantă și fiind mai lentă decât cea turbulentă, va condiționa viteza proceselor de transfer de masă.

Transferul de masă nu este caracterizat prin coeficientul de difuziune, ci printr-un alt parametru mai cuprinzător, coeficientul de transfer de masă.

Acesta are în vedere toți factorii care participă la transferul dintr-o fază în alta și

nu doar difuziunea moleculară propriu-zisă, legea lui Fick conținând acest coeficient de transfer de masă.

Se integrează ecuația (4.21.) pentru componentul A care, pe grosimea δ a stratului limită de difuziune (fig. 4.3.) are limitele de variație ale concentrației C_{A1} și C_{A2} , ($C_{A1} > C_{A2}$) iar coeficientul de difuzie este constant:



$$n_A \int_0^\delta dl = -D_{AB} \int_{C_{A1}}^{C_{A2}} dC_A \quad (4.29.)$$

Se obține după integrare:

$$n_A \delta = D_{AB} (C_{A1} - C_{A2})$$

sau:

$$n_A = \frac{D_{AB}}{\delta} (C_{A1} - C_{A2}) = k_c (C_{A1} - C_{A2}) \quad (4.30.)$$

Fig. 4.3. Transferul de masă prin stratul limită

Ecuția de mai sus se numește ecuația transferului de masă, iar k_c este definit ca fiind coeficientul individual de transfer de masă.

Pentru difuziunea echimoleculară în contracurent, în cazul elementului B se poate scrie:

$$n_B = k_c (C_{B1} - C_{B2}) \quad (4.31.)$$

Diferența de concentrație constituie potențialul sub care are loc procesul. Deoarece grosimea stratului limită δ nu se poate măsura, el se determină experimental sau cu relații empirice.

În cazul gazelor potențialul se poate exprima prin presiunile parțiale. Astfel, pentru un gaz cu comportare ideală, pentru componentul A, din legea gazului perfect vom avea:

$$p_A V = N_A RT \quad (4.32.)$$

Cu $N_A/V=C_A$, rezultă:

$$C_A = \frac{p_A}{RT} \quad (4.33.)$$

în care: p_A este presiunea parțială a componentului A;

R – constanta universală a gazelor;

T – temperatura absolută;

N_A – numărul de moli ai componentului A;

V – volumul total.

Dacă se ține cont de relația (4.30.) se obține:

$$n_A = \frac{D_{AB}}{\delta} \frac{1}{RT} (p_{A1} - p_{A2}) = k_p (p_{A1} - p_{A2}) \quad (4.34.)$$

Unitățile de măsură ale coeficientului de transfer de masă sunt în funcție de unitățile de exprimare ale fluxului unitar și ale potențialului, însă din punct de vedere fizic el reprezintă cantitatea de masă transferată prin unitatea de suprafață în unitatea de timp, sub acțiunea unui potențial unitar.

Relațiile (4.30.) și (4.34.) definesc fluxurile unitare, iar pentru aflarea cantităților transferate prin suprafața A, în timpul t , se înlocuiesc cu fluxurile de masă:

$$\begin{aligned} \frac{dM_A}{dA \cdot t} &= k_c (C_{A1} - C_{A2}) \\ \frac{dM_A}{dA \cdot t} &= k_p (p_{A1} - p_{A2}) \end{aligned} \quad (4.35.)$$

4.4.2. Difuziunea convectivă

Difuziunea convectivă face referire la fluidul în mișcare, respectiv la substanța transferată odată cu deplasarea masei de fluid. Comparativ cu difuziunea moleculară, difuziunea convectivă este mult mai intensă și depinde de gradul de turbulență al fazei. Mișcarea convectivă se realizează cu mijloace mecanice (agitare, deplasarea fluidelor sub acțiunea forței gravitaționale, centrifuge sau sub o diferență de presiune), regimurile de curgere fiind laminar, intermediar sau turbulent, ultimul fiind cel mai indicat.

Agitarea are ca scop micșorarea grosimii stratului limită, mărinnd astfel coeficientul individual de transfer de masă.

Din punct de vedere matematic procesul difuziei convective se exprimă prin ecuația diferențială a distribuției concentrației unui fluid în mișcare. La stabilirea ei se pleacă de la un sistem binar izoterm, cu moleculele A și B, în care are loc difuziunea. Se consideră un element de volum $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ (fig. 4.4.) imobil față de sistemul de axe de coordonate, în care difuzia nu este însoțită de reacție chimică (nu dispar molecule ale componentului A prin reacție chimică). Componentul A intră în elementul de volum prin fețele aflate la distanțele x, y și z și iese prin cele opuse la distanțele $x+\Delta x, y+\Delta y$ și $z+\Delta z$, ca efect a două procese: difuzie convectivă la trecerea fluidului prin elementul de volum și difuzie moleculară, ca efect al gradientului de concentrație.

Pentru elementul de volum, legea conservării masei spune că într-un regim nestaționar fluxul de masă acumulat în interiorul elementului de volum este egal cu diferența dintre fluxul intrat și cel ieșit.

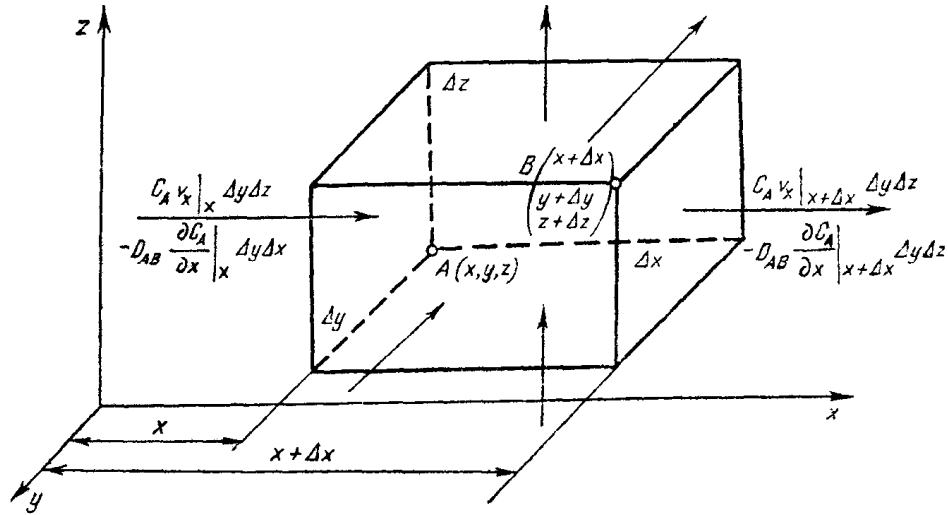


Fig. 4.4. Modelul de calcul al difuziei convective pentru un element de volum

Fluxul de masă pentru componentul A acumulat în elementul de volum, prin difuzie moleculară și convectivă se obține înmulțind viteza de acumulare, în valoare absolută, a componentului $\left(\frac{\partial C_A}{\partial t}\right)$ cu volumul elementar.

Prin difuzie convectivă, pentru componentul A, între fluxurile intrate și cele ieșite se poate scrie:

$$\begin{aligned} ox : C_A v_x|_x \Delta y \Delta z - C_A v_x|_{x+\Delta x} \Delta y \Delta z \\ oy : C_A v_y|_y \Delta x \Delta z - C_A v_y|_{y+\Delta y} \Delta x \Delta z \\ oz : C_A v_z|_z \Delta x \Delta y - C_A v_z|_{z+\Delta z} \Delta x \Delta y \end{aligned} \quad (4.36.)$$

Prin difuzie moleculară, pentru componentul A, între fluxurile intrate și ieșite se poate scrie:

$$\begin{aligned} ox : \left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial x}|_x \Delta y \Delta z\right) - \left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial x}|_{x+\Delta x} \Delta y \Delta z\right) \\ oy : \left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial y}|_y \Delta x \Delta z\right) - \left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial y}|_{y+\Delta y} \Delta x \Delta z\right) \\ oz : \left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial z}|_z \Delta x \Delta y\right) - \left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial z}|_{z+\Delta z} \Delta x \Delta y\right) \end{aligned} \quad (4.37.)$$

Fluxul de masă total va fi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_A}{\partial t} \Delta x \Delta y \Delta z = & \left[C_A v_x|_x \Delta y \Delta z - C_A v_x|_{x+\Delta x} \Delta y \Delta z \right] + \left[C_A v_y|_y \Delta x \Delta z - C_A v_y|_{y+\Delta y} \Delta x \Delta z \right] + \\ & \left[C_A v_z|_z \Delta x \Delta y - C_A v_z|_{z+\Delta z} \Delta x \Delta y \right] + \left[\left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial x}|_x \Delta y \Delta z\right) - \left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial x}|_{x+\Delta x} \Delta y \Delta z\right) \right] + \\ & \left[\left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial y}|_y \Delta x \Delta z\right) - \left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial y}|_{y+\Delta y} \Delta x \Delta z\right) \right] + \\ & \left[\left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial z}|_z \Delta x \Delta y\right) - \left(-D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial z}|_{z+\Delta z} \Delta x \Delta y\right) \right] \end{aligned} \quad (4.38.)$$

Această relație se împarte la $\Delta x \Delta y \Delta z$ și se trece la limită rezultând:

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} = - \left[\frac{\partial(C_A v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(C_A v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(C_A v_z)}{\partial z} \right] + D_{AB} \left[\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} \right] \quad (4.39.)$$

A doua paranteză reprezintă operatorul Laplace ($\nabla^2 C_A$), iar prin diferențiere și gruparea unor termeni, se obține:

$$D_{AB} \nabla^2 C_A = \frac{\partial C_A}{\partial t} + v_x \frac{\partial C_A}{\partial x} + v_y \frac{\partial C_A}{\partial y} + v_z \frac{\partial C_A}{\partial z} + C_A \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \quad (4.40.)$$

Relația reprezintă ecuația diferențială a difuziunii într-un mediu mobil, în forma completă.

Suma primilor termeni reprezintă derivata substanțială sau materială a concentrației $\left(\frac{DC_A}{dt} \right)$, iar paranteza înmulțită cu concentrația reprezintă divergența vitezei ($div \cdot v$). Cu acestea, ecuația (4.40.) devine:

$$\frac{DC_A}{dt} = C_A div \cdot v = D_{AB} \nabla^2 C_A \quad (4.41.)$$

Dacă regimul este staționar, $\frac{\partial C_A}{\partial t} = 0$ și ecuația capătă forma:

$$v_x \frac{\partial C_A}{\partial x} + v_y \frac{\partial C_A}{\partial y} + v_z \frac{\partial C_A}{\partial z} = D_{AB} \nabla^2 C_A \quad (4.42.)$$

În cazul lichidelor necomprimibile, $div \cdot v = 0$ și ecuația are forma:

$$\frac{DC_A}{dt} = D_{AB} \nabla^2 C_A \quad (4.43.)$$

4.5. Transferul de masă global

În practică, procesele elementare de difuzie se desfășoară în serie, astfel că transferul global de masă ia în considerare toate procesele care au loc. În mod corespunzător, toți coeficienții individuali de transfer sunt cuprinși într-un coeficient global de transfer de masă, util la studiul procesului în ansamblul său. Același lucru se poate spune și în cazul potențialelor fazelor care, însumate, vor da un potențial global. De asemeni, trebuie menționat că diferența de concentrație dintre faze, în timpul transferului de masă, poate fi constantă sau variabilă, motiv pentru care studiul transferului global se face în două situații distincte.

4.5.1. Transferul de masă global la potențial constant

Studiul pleacă de la modelul din figura 4.5. unde sunt reprezentate straturile limită la interfața unui sistem gaz-lichid. Se notează fracțiile molare cu x pentru faza lichidă și y pentru faza gazoasă, iar rapoartele molare cu X , respectiv Y . În faza gazoasă componentul care se transferă are presiunea parțială p_A iar la interfață presiunea parțială p_{Ai} . În faza lichidă are concentrația x_A , în masa lichidă și x_{Ai} la interfață.

Conform legii lui Henry se poate scrie legătura dintre presiunile parțiale din gaz, cu concentrațiile corespunzătoare din lichid: $p_A = k_{HA} x_A$.

Pentru un regim staționar, fluxul unitar de masă este același pentru am-

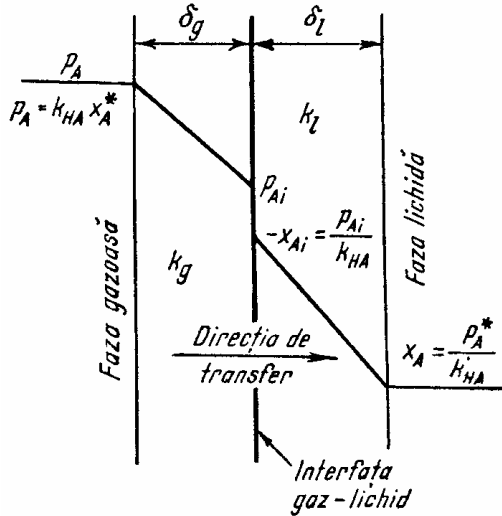


Fig. 4.5. Modelul transferului de masă la potențial constant

bele straturi limită:

$$n_A = k_g (p_A - p_{Ai}) \quad (4.44.)$$

$$n_A = k_l (x_{Ai} - x_A)$$

în care: k_g este coeficientul individual de transfer prin faza gazoasă;

k_l – coeficientul individual de transfer prin faza lichidă.

Cu ajutorul legii lui Henry se exprimă concentrațiile din faza lichidă, în raport cu presiunile parțiale:

$$x_{Ai} = \frac{p_{Ai}}{k_{HA}} \quad (4.45.)$$

$$x_A = \frac{p_A^*}{k_{HA}}$$

unde p_A^* este presiunea parțială de echilibru ce corespunde concentrației x_A din lichid.

Din ultimele două relații se obține:

$$n_A = k_l \frac{1}{k_{HA}} (p_{Ai} - p_A^*) \quad (4.46.)$$

Potențialul total sub care se desfășoară procesul va fi suma potențialelor parțiale rezultate din relațiile (4.44.) și (4.46.):

$$p_A - p_{Ai} = n_A \frac{1}{k_g} \quad (4.47.)$$

$$p_A - p_A^* = \frac{k_{HA}}{k_l} n_A$$

Potențialul total va fi:

$$p_A - p_A^* = n_A \left(\frac{1}{k_g} + \frac{k_{HA}}{k_l} \right) \quad (4.48.)$$

De aici se obține ecuația transferului de masă global, la potențial constant:

$$n_A = \frac{1}{\frac{1}{k_g} + \frac{k_{HA}}{k_l}} (p_A - p_A^*) = K_p (p_A - p_A^*) \quad (4.49.)$$

în care K_p este coeficientul global de transfer de masă și care reprezintă cantitatea de masă transferată dintr-o fază în alta, printr-o unitate de suprafață, în unitatea de timp, sub acțiunea unei unități de potențial. Indicele coeficientului arată unitățile de măsură ale acestuia.

Dacă se înlocuiesc presiunile parțiale cu concentrațiile, se obține fluxul de masă sub forma:

$$N_A = K_c A (x_A^* - x_A) = K_c A \cdot \Delta x_A \quad (4.50.)$$

în care: Δx_A este potențialul procesului;

K_c – coeficientul global de transfer de masă corespunzător lui Δx_A dat sub formă de

diferență a fracțiilor molare
$$\left(K_c = \frac{1}{\frac{1}{k_g k_{HA}} + \frac{1}{k_l}} \right).$$

4.5.2. Transferul de masă la potențial variabil

În practică, potențialul sub care se desfășoară procesul variază continuu în lungul suprafeței de transfer, astfel că pentru calcule se va determina un potențial mediu, pe tot domeniul de variație al concentrației.

Pentru un sistem gaz-lichid la care fazele se deplasează în echicurent (fig. 4.6.), potențialul $(Y_A - Y_A^*)$ scade continuu de la ΔY_{Ai} (inițial) la ΔY_{Af} (final). Același lucru este valabil și la fazele care se deplasează în contracurent. Mărimile notate cu asterix corespund condițiilor de echilibru, iar concentrația este exprimată sub forma rapoartelor molare din faza de gaz.

Pentru elementul dA fluxul de masă are expresia:

$$dN_A = K_g dA(Y_A - Y_A^*) \quad (4.51.)$$

La transferarea masei dN_A , concentrația fazei gazoase variază cu dY_A , iar bilanțul de masă pentru elementul de suprafață dA va fi:

$$dN_A = -M \cdot dY_A \quad (4.52.)$$

Se egalează cele două relații și după separarea variabilelor se integrează pentru suprafață, respectiv potențial:

$$\int_0^A dA = -\frac{M}{K_g} \int_{\Delta Y_{Ai}}^{\Delta Y_{Af}} \frac{dY_A}{Y_A - Y_A^*} \quad (4.53.)$$

respectiv:

$$A = \frac{M}{K_g} \int_{Y_{Af}}^{Y_{Ai}} \frac{dY_A}{Y_A - Y_A^*} \quad (4.54.)$$

Prin integrarea ecuației (4.52.) se obține:

$$N_A = -M \int_{Y_{Ai}}^{Y_{Af}} dY_A = M(Y_{Ai} - Y_{Af}) \quad (4.55.)$$

Înlocuind pe M din relația de mai sus în relația (4.54.) se obține ecuația transferului de masă la potențial variabil:

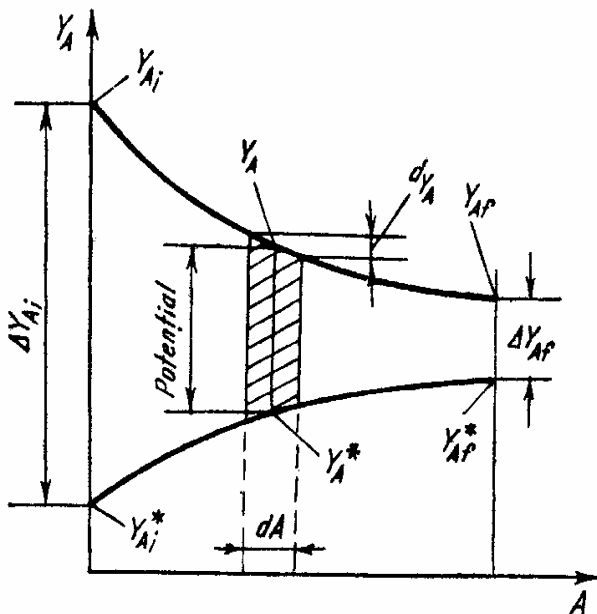


Fig. 4.6. Modelul transferului de masă la potențial variabil

$$N_A = K_g A \frac{Y_{Ai} - Y_{Af}}{\int_{\Delta Y_{Af}}^{\Delta Y_{Ai}} \frac{dY_A}{Y_A - Y_A^*}} \quad (4.56.)$$

În mod similar se obțin și ecuațiile transferului global de masă pentru alte moduri de exprimare a potențialului:

► exprimarea sub formă de presiuni parțiale:

$$N_A = K_p A \frac{P_{Ai} - P_{Af}}{\int_{\Delta p_f}^{\Delta p_i} \frac{dp_A}{P_A - P_A^*}} \quad (4.57.)$$

► exprimarea sub formă de rapoarte molare raportate la faza lichidă:

$$N_A = K_l A \frac{X_{Af} - X_{Ai}}{\int_{\Delta X_{Ai}}^{\Delta X_{Af}} \frac{dX_A}{X_A^* - X_A}} \quad (4.58.)$$

4.6. Distilarea și rectificarea

Distilarea reprezintă operația de separare a componentelor unui amestec omogen de lichide, pe baza diferenței de volatilitate a componentelor.

Rectificarea reprezintă operația de separare a componentelor cu volatilități apropiate, printr-o succesiune de evaporări urmate de condensări.

Prin distilare și rectificare se pot separa amestecuri de lichide ce conțin doi sau mai mulți componente, miscibili, parțial miscibili sau nemiscibili.

4.6.1. Echilibrul lichid-vapori

În procesul de distilare o importanță deosebită au proprietățile amestecurilor de lichide. Pentru studiu se vor lua doar cele mai simple amestecuri cu proprietățile lor și anume amestecurile binare. La descrierea stării de echilibru se ia ca bază conceptul de amestec sau soluție ideală. Un amestec este considerat ca fiind ideal atunci când forțele de coeziune ale diferiților componente sunt egale cu cele dintre moleculele aceluiași component. Pentru componentii A și B acest lucru se exprimă astfel:

$$f_{AB} = f_A = f_B \quad (4.59.)$$

în care: f_{AB} este forța de coeziune dintre componente;

f_A – forța de coeziune dintre moleculele componentului A;

f_B – forța de coeziune dintre moleculele componentului B.

În cazul amestecurilor reale, forțele de coeziune dintre moleculele celor doi componente sunt diferite de cele dintre moleculele aceluiași component, acestea numindu-se amestecuri azeotrope:

- azeotrop pozitiv, când $f_{AB} > f_A$ și $f_{AB} > f_B$;

- azeotrop negativ, când $f_{AB} < f_A$ și $f_{AB} < f_B$.

Pentru simplificarea relațiilor s-au făcut notațiile: y în loc de C_{Mv} pentru fracția molară din vapori și x în loc de C_M pentru cea din lichid, A fiind componentul ușor volatil iar B cel greu volatil.

Starea de echilibru dintre faze se poate reprezenta în diagramele izotermă, izobară și linia de echilibru.

Temperatura de fierbere a amestecului ideal depinde de compoziția amestecului și aceasta variază între temperaturile de fierbere ale celor doi componente, iar presiunile parțiale se calculează cu legea lui Raoult.

Izoterma sistemului binar (fig. 4.7.a.) reprezintă graficul de variație a presiunilor parțiale, la temperatură constantă, în funcție de compoziția amestecului. Dreapta AB reprezintă variația presiunii parțiale a componentului ușor volatil, dreapta CD a componentului greu volatil, iar suma lor conform legii lui Dalton, dreapta DB.

Conform relației (4.9.), fracția molară din faza de vapori pentru componentul A va fi:

$$y_A = \frac{p_A}{p} \quad (4.60.)$$

în care p_A și p se iau de pe izotermă, în funcție de compoziția fazei lichide x_A .

Izobara sistemului binar (fig. 4.7.d.) reprezintă variația temperaturii de fierbere la presiune constantă, în funcție de compoziția fazei lichide și a fazei de vapori. Suprafața cuprinsă între curba de fierbere C_f și curba de condensare C_c constituie zona de coexistență a fazelor.

Linia de echilibru 1 (fig. 4.7.g.) reprezintă variația compoziției fazei vapori în funcție de compoziția fazei lichide. Ea se trasează într-un pătrat cu laturile divizate de la 0 la 1. Deoarece vaporii sunt mai bogăți în componentul ușor volatil, curba se va situa totdeauna deasupra diagonalei pătratului. Valorile lui x_A și y_A se calculează cu relațiile (4.14.) și (4.15.).

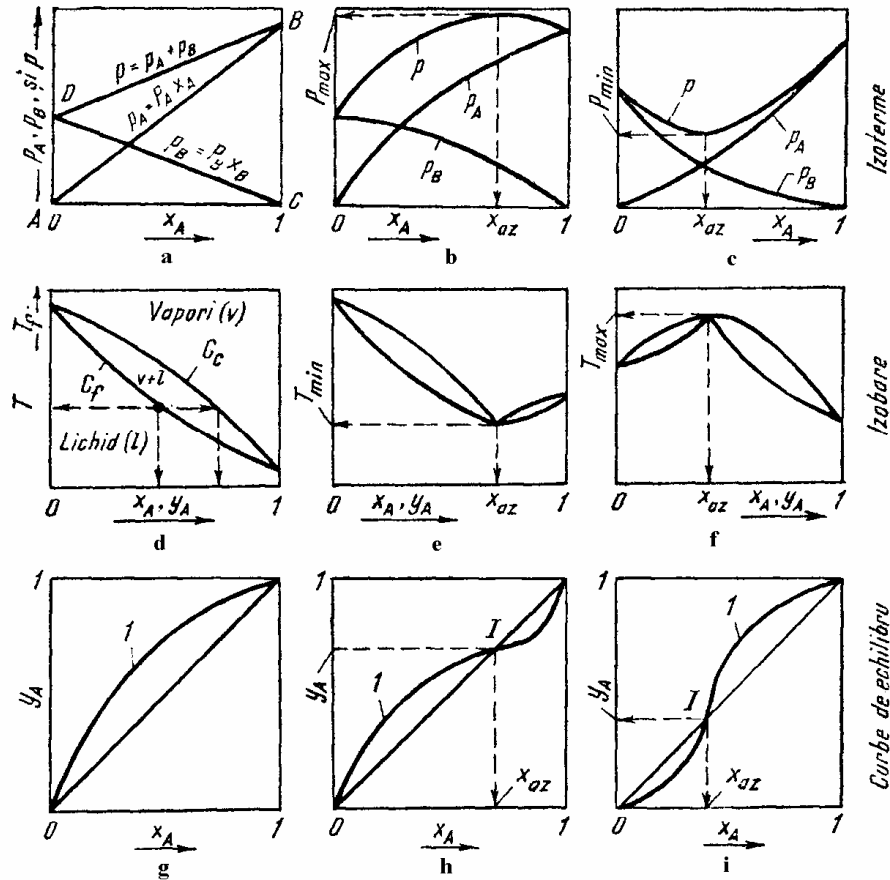


Fig. 4.7. Diagrame de echilibru: diagrama presiunilor: a- amestec ideal; b- azeotrop pozitiv; c- azeotrop negativ; diagrama de fierbere: d- amestec ideal; e- azeotrop pozitiv; f- azeotrop negativ; diagrama de echilibru: g- amestec ideal; h- azeotrop pozitiv; i- azeotrop negativ.

La amestecurile reale, variația presiunilor parțiale în funcție de faza lichidă nu mai este liniară. Extinderea aplicării legii lui Raoult se face cu ajutorul coeficienților de activitate (k_a , k_b) care, aplicate celor doi componenți va da:

$$\begin{aligned} p_A &= P_A x_A k_a \\ p_B &= P_B (1 - x_A) k_b \end{aligned} \quad (4.61.)$$

Se observă că pentru $k_a > 1$, presiunea parțială p_a este mai mare ca în cazul amestecului ideal, abaterea față de acest caz fiind pozitivă iar presiunea totală a vaporilor înregistrează un maxim (fig. 4.7.b.). Totodată temperatura de fierbere depinde de compoziția amestecului și variază după o curbă cu un mi-nim (fig. 4.7.e.), iar linia de echilibru este împărțită în două părți (fig. 4.7.h.): prima este deasupra diagonalei, până la compoziția corespunzătoare temperaturii minime de fierbere, iar a doua sub diagonală. Punctul de intersecție I al curbei cu diagonala ($y_A = x_A$) arată că vaporii au aceeași compoziție cu faza lichidă, un asemenea amestec se numește azeotrop pozitiv și el nu se poate separa printr-odistilare obișnuită.

Atunci când $k_a < 1$ variația mărimilor din diagrame este inversă. Astfel, presiunea totală are un minim (fig. 4.7.c.), temperatura de fierbere un maxim fig. 4.7.f.) iar curba de echilibru (fig. 4.7.i.) are prima parte sub diagonală, iar partea a doua deasupra diagonalei. Asemenea amestecuri se numesc azeotrope negative și nici ele nu se pot separa prin distilare.

Solubilitatea componentilor unui amestec poate fi mai mare sau mai mică, practic neexistând lichide complet nemiscibile. Atunci când solubilitatea reciprocă este foarte mică, lichidele se consideră nemiscibile. Amestecurile binare nemiscibile sunt formate din două faze

lichide și una de vapori, fiecare component emițând vapori în spațiul de lucru, ca și cum celălalt component nici nu ar exista.

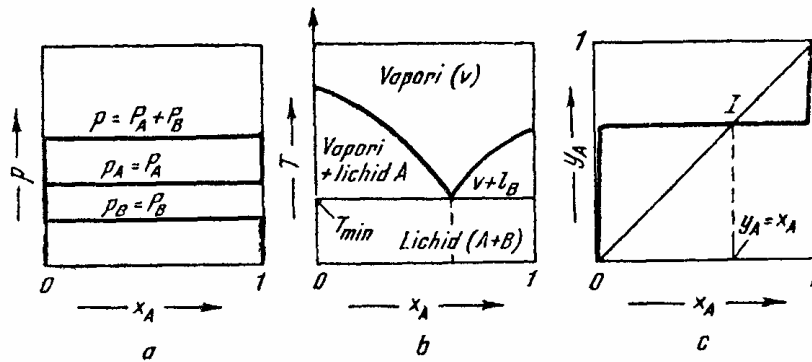


Fig. 4.8. Diagrame de echilibru la sistemele binare nemiscibile: a- izoterma; b- izobara; c- curba de echilibru.

Conform legii fazelor astfel de amestecuri sunt determinate prin fixarea unui singur parametru (sunt sisteme univariante). Presiunea totală este suma presiunilor parțiale a componentilor în stare pură (fig. 4.8.a.), iar temperatura de fierbere este mai mică decât a componentului ușor volatil, pe toată durata fierberii acesta, cât și compoziția vaporilor fiind constante (fig. 4.8.b.). Aceste amestecuri se numesc amestecuri azeotropice eterogene.

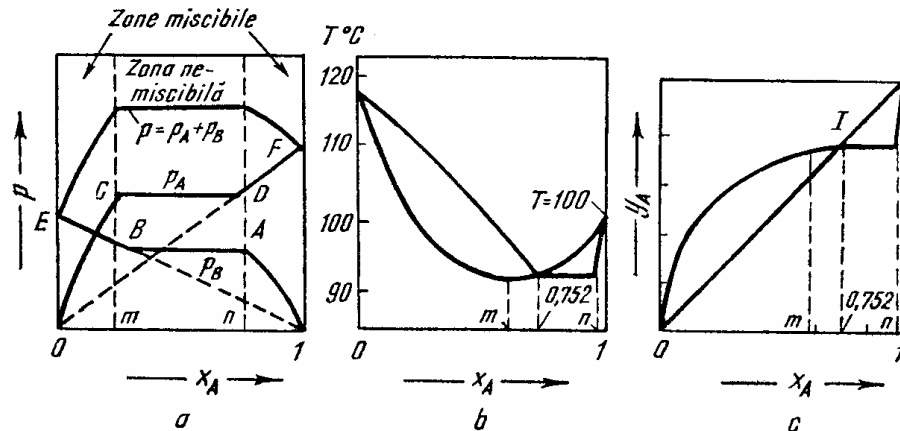


Fig. 4.9. Diagrame de echilibru la sistemele binare parțial miscibile: a- izoterma; b- izobara; c- curba de echilibru.

Atunci când componentii unui amestec formează soluții omogene pe un domeniu al concentrațiilor, iar în rest formează soluții eterogene, amestecul se numește parțial miscibil. În zonele miscibile (fig. 4.9.a.) presiunile parțiale variază după legea lui Raoult pentru amestecuri reale, iar în zona nemiscibilă presiunile parțiale și totală sunt constante.

Volatilitatea este ușurința cu care un lichid trece în stare de vapori și se definește ca raportul dintre presiunea parțială din faza de vapori și fracția molară din faza de lichid a celui component. Pentru componentii A și B ai unui amestec binar volatilitatea se poate scrie sub forma:

$$v_A = \frac{p_A}{x_A} \quad (4.62.)$$

$$v_B = \frac{p_B}{x_B}$$

Atunci când amestecul respectă legea lui Raoult, adică $p_A = P_A x_A$ atunci volatilitatea este egală cu presiunea de vapori a componentului în stare pură:

$$v_A = \frac{P_A x_A}{x_A} = P_A \quad (4.63.)$$

Acest lucru este valabil și în cazul lichidelor pure ($x_A = 1$), astfel că volatilitatea va avea același sens fizic ca și presiunea de vapori.

Separarea prin distilare a doi componenți cu temperaturi de fierbere apropiate va fi cu atât mai ușoară, cu cât cei doi componenți au volatilități mai diferite. Se definește volatilitatea relativă ca fiind raportul volatilității celor doi componenți:

$$v_{AB} = \frac{\frac{P_A}{x_A}}{\frac{P_B}{x_B}} = \frac{P_A x_B}{P_B x_A} \quad (4.64.)$$

În cazul amestecurilor ideale volatilitatea relativă este dată de raportul presiunilor de vapori ale componenților puri.

4.6.2. Metode separare a amestecurilor lichide prin distilare

Separarea amestecurilor lichide prin distilare se realizează prin mai multe metode, cele mai uzuale fiind distilarea simplă, rectificarea, distilarea moleculară și distilarea azeotropă. În funcție de caracteristicile componenților ce formează amestecul, se alege și metoda de separare prin distilare.

Distilarea simplă sau diferențială este operația prin care se separă amestecuri de lichide cu puncte de fierbere diferite și care nu formează azeotropi. Schema de principiu a distilării simple este prezentată în figura 4.10.

Amestecul de distilare este introdus în blaza 1, prevăzută cu o serpentină prin care circulă căldura necesară vaporizării. Vaporii de la partea superioară a blazei trec printr-o conductă în condensatorul răcitor 2. Colectarea distilatului se poate face în vasele 3, pe fracțiuni, în funcție de concentrația în componentul ușor volatil.

Gradul de separare al componenților crește atunci când o parte din distilat este reintrodus în blază. Numit și reflux, acesta se obține prin condensarea parțială a vaporilor într-un condensator.

Dacă se notează cu M_i masa amestecului inițial, M_f masa finală sau masa rezidului și cu M_D masa distilatului, atunci cantitatea de distilat obținut va fi:

$$M_D = M_i - M_f \quad (4.65.)$$

La distilare este necesară determinarea masei rezidului atunci când concentrația compoziției variază de la cea inițială x_{Ai} la cea finală x_{Af} , cunoscute. Pentru evaporarea unei cantități de amestec mică dM , ecuația bilanțului de materiale a componentului ușor volatil va avea forma:

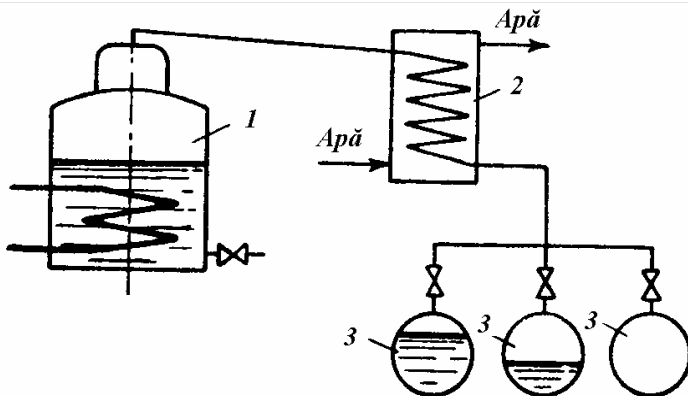


Fig. 4.10. Schema de principiu a distilării simple

$$Mx_A = (M - dM)(x_A - dx_A) + y_A dM \quad (4.66.)$$

Se desfac parantezele se regrupează termenii și după neglijarea produsului $dM \cdot dx_A$ se obține:

$$\frac{dM}{M} = \frac{dx_A}{y_A - x_A} \quad (4.67.)$$

Prin integrarea ecuației între limitele de variație ale amestecului și ale concentrației rezultă:

$$2,31g \frac{M_i}{M_f} = \int_{x_{Af}}^{x_{Ai}} \frac{dx_A}{y_A - x_A} \quad (4.68.)$$

Integrala se rezolvă analitic atunci când se cunoaște legătura dintre x_A și y_A sau grafic.

Din ecuația bilanțului global de masă și ecuația bilanțului componentului ușor volatil, se obține compoziția medie a distilatului:

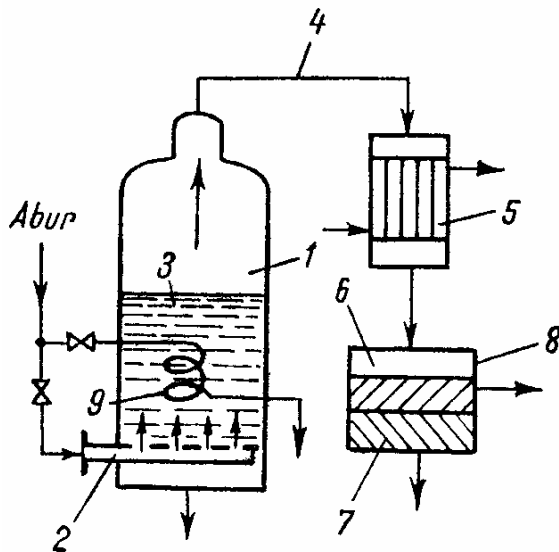
$$M_i x_{Ai} = M_f x_{Af} + M_D x_{Ad} \quad (4.69.)$$

în care x_{Ad} este compoziția medie a distilatului.

Se obține în final:

$$x_{Ad} = \frac{M_i x_{Ai} - M_f x_{Af}}{M_D} \quad (4.70.)$$

Pentru separarea amestecurilor nemiscibile se folosește antrenarea cu vapori de apă sau gaz care nu reacționează cu componenții amestecului. O asemenea instalație (fig. 4.11.) este



compusă din blaza 1 în care se află barbotorul 2, aflat în masa de amestec 3. Bulele de vapori trec prin lichid unde se saturează cu vaporii componentului de antrenat de unde, împreună, trec prin conducta 4 la condensatorul 5. Aici are loc condensarea doar a vaporilor de apă, componentul antrenat rămânând în stare de vapori, fie sunt condensate atât vaporii de apă, cât și vaporii componentului antrenat. Cele două faze lichide 6 și 7 se separă în decantorul 8. Practic antrenarea cu vapori este o distilare simplă la care se adaugă al treilea component, ca agent de antrenare.

Fig. 4.11. Schema de principiu a distilării cu antrenarea cu vapori

În cazul componenților amestecurilor care nu suportă temperaturi ridicate și au masa moleculară mare, se folosește distilarea moleculară. Procesul are loc sub vid când drumul liber mediu al moleculelor depășește distanța dintre suprafața caldă și cea rece de condensare. Scăderea presiunii de lucru duce la scăderea temperaturii de distilare.

Între cele două suprafețe cilindrice sau tronconice concentrice (fig.4.12.), una caldă și alta rece, spațiul existent 1 se conectează la o pompă de vid. Amestecul curge pe suprafața caldă 2 sub forma unui film subțire, de unde moleculele componentului volatil pleacă spre suprafața rece 3 și condensează. Curgerea filmului de amestec și de condensat se face sub acțiunea forței centrifuge sau a forței gravitaționale. Vaporii condensati formează distilatul 4 iar cel neevaporat formează rezidul 5.

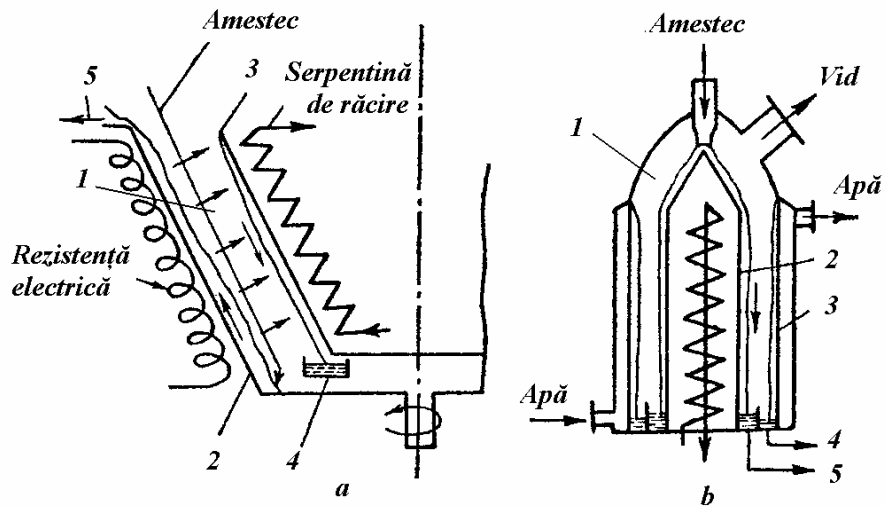


Fig. 4.12. Schema de principiu a distilării moleculare: a- aparat tronconic rotativ; b- aparat cilindric gravitațional

Distilarea moleculară este, sub aspectul structurii operațiilor, tot o distilare simplă, care se desfășoară sub un vid înaintat.

Prin rectificare se înțelege o distilare repetată care se desfășoară în același aparat, numit coloană de rectificare. Rectificarea permite separarea în cea mai mare parte a amestecurilor total miscibile cu comportare ideală. Scopul operației de rectificare este acela de a obține produse cu un grad mare de concentrație sau pure.

În principiu, rectificarea se poate face prin legarea în serie a mai multor instalații de distilare simplă, distilatul de la o instalație constituind amestecul brut pentru următoarea instalație. Un exemplu este prezentat în figura 4.13. unde sunt reprezentate trei instalații de distilare simplă legate în serie.

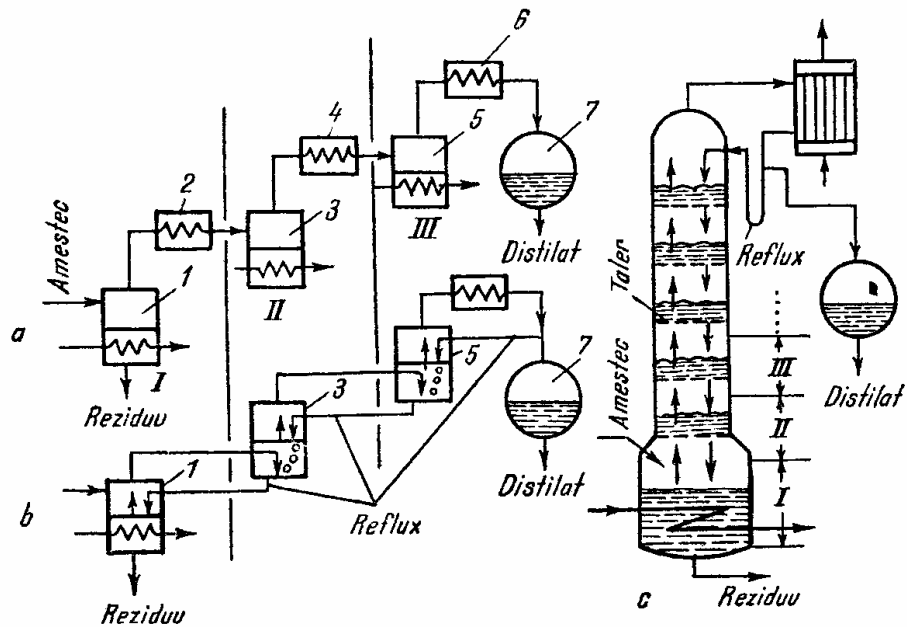


Fig. 4.13. Schema de principiu a rectificării: a- distilări simple în serie; b- distilări simple cu antrenare cu vapori; c- coloană de rectificare cu talere: 1,3,5- blază; 2,4,6- condensator; 7-vas colector distilat.

Principiul barbotării directe a vaporilor în masa lichidului din aparatul următor stă la baza coloanelor de rectificare. Astfel operațiile mai multor instalații de distilare simplă pot fi reproduse într-o coloană, imaginată ca fiind alcătuită dintr-o serie de blaze cu barbotare directă, suprapuse. Pentru simplificarea aparatelor, în locul blazelor se folosesc talere, corespondența între elementele cu același rol fiind arătată în figură.

Aranjarea pe verticală a talerelor determină apariția a două fluxuri: unul ascendent, corespunzător vaporilor și unul descendent corespunzător lichidului.

Pentru un proces continuu, compoziția lichidului de pe un taler este aceeași, dar variază de la un taler la altul. Astfel, lichidul este tot mai bogat în componentul ușor volatil începând de la blază spre vârful coloanei, fapt ce determină și o scădere a temperaturii de jos în sus.

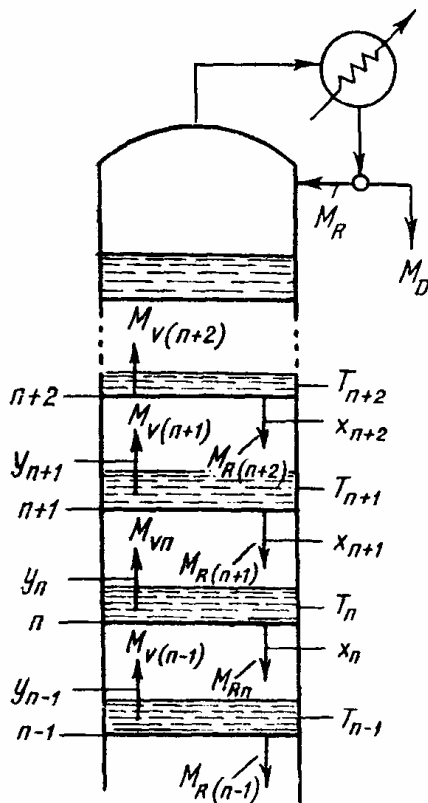


Fig. 4.14. Fenomenul de pe taler

Fenomenele care au loc pe talere sunt prezentate în figura 4.14. Pentru două talere succesive n și $n+1$ vom avea temperaturile $T_n > T_{n+1}$. Pe durata barbotării vaporilor compoziția ambelor faze variază în sensul stabilirii echilibrului.

De pe talerul n , în condiții de echilibru, pleacă vapori de compoziție y_n și lichid de compoziție x_n și sosesc vapori de compoziție y_{n-1} , respectiv lichid de compoziție x_{n+1} care, își vor modifica compoziția în sensul stabilirii echilibrului. Astfel, vaporii vor ceda, prin condensare, o parte din componentul greu volatil (trece de la compoziția y_{n-1} la y_n), iar lichidul pierde, prin vaporizare, o parte din componentul ușor volatil (trece de la compoziția x_{n+1} la x_n). Căldura necesară pentru vaporizare este cea cedată prin condensarea componentului greu volatil, cele două fenomene contribuind la îmbogățirea vaporilor în component ușor volatil.

Pe lângă echilibrul care se realizează între faze, se mai stabilește și un echilibru termic, prin faptul că vaporii care vin pe talerul $n-1$ au o temperatură mai ridicată față de talerul n , cedând o parte din căldura sensibilă lichidului provenit de pe talerul $n+1$. Și acest fenomen contribuie la creșterea conținutului vaporilor în componentul ușor volatil, astfel că în practică vor fi respectate întotdeauna condițiile:

$$\begin{aligned} y_n &> y_{n-1} \\ x_n &< x_{n+1} \end{aligned} \quad (4.71.)$$

Rolul refluxului este acela de a crea stratul de lichid necesar barbotării pe talere și de a constitui un absorbant pentru componentul greu volatil. Refluxul poate fi extern (reprezintă lichidul returnat de la condensator în coloană) și intern (lichidul care trece de pe un taler superior pe unul inferior), cele două fracții fiind considerate egale. Această egalitate, precum și menținerea constantă a refluxului, presupun îndeplinirea unor condiții:

- ♦ căldurile latente molare de evaporare a celor doi componenți sunt egale;
- ♦ pierderile de căldură, căldura de amestec și variația căldurilor sensibile în lungul coloanei sunt neglijabile.

Cifra de reflux (R) reprezintă raportul dintre fracția de lichid returnat și distilat. Dacă se notează cu M_{vn} masa vaporilor ce urcă și cu M_{Rn} masa lichidului care coboară, pentru un taler cifra de reflux este raportul dintre masa vaporilor care ies și masa lichidului care intră pe taler:

$$\frac{M_{vn+1}}{M_{Rn+2}} = \frac{M_{vn}}{M_{Rn+1}} = \frac{M_{vn-1}}{M_{Rn}} = \dots = \frac{M_R}{M_D} = R \quad (4.72.)$$

în care: M_R este masa lichidului returnat de la condensator;

M_D – masa distilatului.

Se observă că pe un taler intră și pleacă două fluxuri de lichide și vapori. Dacă se presupune că cele două faze în contact ajung la echilibru sub aspectul temperaturii și concentrației, acel taler sau treaptă se numește taler teoretic de contact.

Eficiența au randamentul unui taler reprezintă raportul între îmbogățirea reală a vaporilor pe un taler și îmbogățirea teoretică, în condiții de echilibru:

$$\eta = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n^* - y_{n-1}} \quad (4.73.)$$

în care: y_n și y_{n-1} sunt concentrațiile vaporilor în component ușor volatil, la intrarea și ieșirea de pe talerul n;

y_n^* - concentrația de echilibru a vaporilor la ieșirea din același lichid.

În funcție de concentrațiile din faza lichidă, randamentul talerului are forma:

$$\eta = \frac{x_{n+1} - x_n}{x_{n+1} - x_n^*} \quad (4.74.)$$

unde x_n^* este concentrația fazei lichide în component ușor volatil, aflată în echilibru cu a fazei lichide (y_n^*).

În practică există amestecuri greu sau imposibil de separat prin metodele de distilare obișnuite, aici fiind incluse și amestecurile azeotropice. Ca urmare se folosește un al treilea component cu rolul de a deplasa echilibrul lichid-vapori spre o direcție favorabilă separării. Se deosebesc două metode de distilare:

► distilarea azeotropă, când prin adăugarea celui de-al treilea component se urmărește formarea cu unul sau ambii componenți azeotrop pozitiv, respectiv negativ;

► distilarea extractivă, când prin adăugarea celui de-al treilea component nu se formează azeotrop, dar se mărește de câteva ori volatilitatea relativă.

4.7. Uscarea

Uscarea este un proces de difuziune prin care, cu ajutorul energiei termice, este îndepărtată apa din materialele solide sau lichide, prin evaporarea umidității și îndepărtarea vaporilor formați.

În industria alimentară uscarea este folosită și ca o metodă de conservare a produselor.

Fiind un proces de transfer simultan de căldură și masă, uscarea este influențată de factori ce țin de:

- materialul supus uscării: debit, umiditatea inițială și finală, natura și forma de prezentare, sensibilitatea la temperatură;
- agentul de uscare: temperatură, umiditate relativă, presiune;
- operația de uscare: temperatura de uscare, durata uscării, modul cum se realizează uscarea (continuu sau discontinuu).

Un factor important referitor la materialul supus uscării îl constituie modul de legare a umidității cu materialul și care se poate împărți în trei categorii: legată chimic, legată fizico-chimic și legată mecanic.

Apa legată chimic este cel mai puternic legată de material și nu poate fi îndepărtată prin uscare, întrucât duce la distrugerea materialului.

Apa legată fizico-chimic reprezintă apa legată osmotic și prin adsorbție fizică.

Apa legată mecanic este apa conținută în capilarele materialului, în plus față de cea legată fizico-chimic și se datorează forțelor de adeziune la suprafața acestuia.

De regulă umiditatea materialului se prezintă sub două forme: liberă și higroscopică. În primul caz viteza de evaporare a umidității libere este determinată de legea evaporării de pe o suprafață liberă.

Umiditatea la care presiunea parțială de deasupra materialului uscat devine mai mică decât presiunea vaporilor saturați la aceeași temperatură, se numește umiditate higroscopică. Fiind mult mai strâns legată de material, îndepărtarea acesteia este mai dificilă.

Umiditatea de echilibru este umiditatea la care presiunea vaporilor deasupra materialului va fi egală cu presiunea vaporilor din aer. Materialele pot fi uscate numai până când se atinge umiditatea de echilibru.

Ca agenți de uscare cel mai frecvent folosiți în industria alimentară sunt aerul, gazele de ardere, aburul supraîncălzit.

Cel mai bun purtător de căldură în procesul de uscare este aerul umed care, pe de o parte aduce căldura necesară evaporării umidității din material, iar pe de altă parte preia și evacuează umiditatea evaporată.

4.7.1. Statica procesului de uscare

Statica uscării este cea care stabilește legătura dintre parametrii inițiali și finali ai substanțelor ce intervin în procesul uscării și care se determină din ecuațiile bilanțului de materiale și termic.

Umiditatea gazului poate fi exprimată în două moduri:

- ◆ umiditatea absolută (ρ_v), reprezintă masa de vapori de apă dintr-un m^3 de gaz, în kg/m^3 ;
- ◆ umiditatea relativă (φ), reprezintă raportul dintre masa vaporilor de apă conținuți într-un m^3 de gaz umed și masa lor maximă (la saturație) care poate fi conținută în același volum, la aceeași presiune totală și temperatură, ρ_s :

$$\varphi = \frac{\rho_v}{\rho_s} \cdot 100 \quad (4.75.)$$

Pentru aerul umed cu volumul V , temperatura T și presiunea barometrică p , conform legii lui Dalton se poate scrie:

$$p = p_a + p_v \quad (4.76.)$$

în care: p_a este presiunea parțială a aerului uscat;

p_v – presiunea parțială a vaporilor de apă conținuți în aerul umed.

Dacă pentru amestecul de vapori și gaze se aplică ecuația de stare a gazelor ideale, se obține:

$$\varphi = \frac{p_v R_v T_0}{p_s R_v T_0} = \frac{p_v}{p_s} \quad (4.77.)$$

unde p_s este presiunea de saturație a vaporilor de apă.

Conținutul de umiditate al gazului reprezintă masa vaporilor de lichid raportată la masa gazului uscat:

$$x = \frac{m_v}{m_a} \quad (4.78.)$$

Întrucât componentele ocupă același volum și au aceeași temperatură, ecuațiile de stare vor fi:

► pentru 1 kg aer uscat: $p_a V = R_a T_0$;

► pentru x kg apă asociată: $p_v V = x \cdot R_v T_0$.

Va rezulta:

$$x = \frac{R_a p_v}{R_v p_a} = 0,622 \frac{p_v}{p - p_v} = 0,622 \frac{p_s \varphi}{p - p_s \varphi} \quad (4.79.)$$

în care: R_a este constanta gazului ideal pentru aer uscat raportat la un kg;

R_v – constanta gazului ideal pentru vaporii de apă raportat la un kg.

Deoarece φ variază între 0 și 1 (de la 0 la 100), conținutul de umiditate va varia între zero și valoarea maximă corespunzătoare saturației:

$$x_s = 0,622 \frac{p_s}{1 - p_s} \quad (4.80.)$$

Când temperatura gazului atinge punctul de fierbere a lichidului ($p_s=p$ și $x = \infty$), evaporarea trece în fierberea lichidului.

Gradul de saturație(ψ) este raportul dintre conținutul de umiditate a aerului x și cantitatea maximă de umezeală care poate exista în aerul umed la saturație, la aceeași presiune și temperatură:

$$\psi = \frac{x}{x_s} = \varphi \frac{p - p_s}{p - p_s \varphi} = \varphi \frac{p - p_s}{p - p_v} \quad (4.81.)$$

Se definește entalpia gazului umed ca fiind suma entalpiei gazului uscat și a vaporilor de apă care se găsesc în acesta. În practică se exprimă cantitatea $(1+x)$ de aer umed, compus dintr-un kg de aer uscat la care se adaugă x kg de vaporii de apă ce însoțesc acel kg de aer uscat:

$$i = i_a + i_v x = c_{pa} T + x(r + c_{pv} T) \quad (4.82.)$$

în care: i_a este entalpia unui kg de aer uscat;

i_v – entalpia unui kg de vaporii de apă supraîncălziți la temperatura T ;

c_{pa} – căldura specifică a aerului, se consideră constantă și egală cu 1 kJ/kg·grd;

c_{pv} – căldura specifică a vaporilor; $c_{pv} = 2$ kJ/kg·grd.

Entalpia vaporilor se determină când vaporizarea are loc la 0°C când căldura de vaporizare a apei este de 2500 kJ/kg.

Cu specificațiile de mai sus entalpia aerului umed se determină cu relațiile:

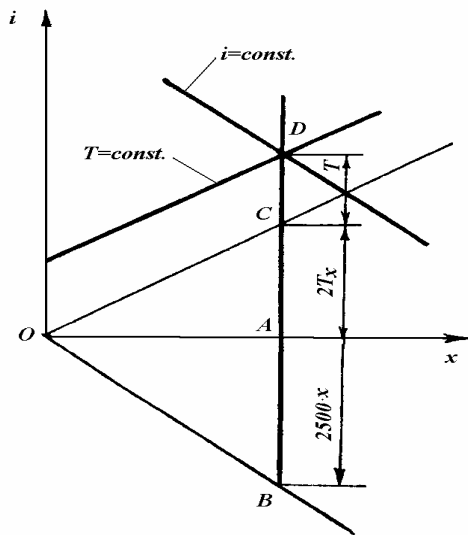
$$\begin{aligned} i &= T + x(2500 + 2T) \\ i &= (1 + 2x)T + 2500x \end{aligned} \quad (4.83.)$$

Se definește temperatura termometrului umed sau temperatura limitei de răcire a corpurilor umede, temperatura la care gazul umed, răcindu-se la o entalpie constantă, devine saturat ($\varphi=1$).

Deoarece aerul umed este caracterizat prin trei variabile independente (presiune, temperatură și conținut în umiditate), prin eliminarea uneia dintre acestea ($p=const.$) se poate trasa o diagramă de stare.

Diagrama Mollier ($i-x$) sau diagrama de stare a aerului umed reprezintă variația entalpiei în funcție de umiditatea x , de temperatură și umiditatea relativă (ecuația 4.83.). Construcția diagramei este prezentată în figura 4.15.

Pe axa Ox se notează valorile conținutului de umiditate x . Liniile de umiditate constantă vor fi perpendiculare ce trec prin punctele de pe abscisă. Se duce perpendiculara AD și pe aceasta se ia lungimea $AB=2500x$. Se duce dreapta OB din origine. Se fixează punctul C la distanța $2Tx$ și se duce dreapta OC , astfel că între OC și OB să fie reprezentat termenul $(2500+2T)x$.

Fig. 4.15. Construcția diagramei $i-x$

Pe perpendiculara AD se fixează mărimea T , în care $T=10, 20, 30, \dots$ °C și dacă se duc paralele la OC se obțin izotermele care se intersectează cu abscisa în zona negativă. Izotermele sunt linii oblice cu panta $2T$.

Lungimea BD reprezintă entalpia aerului umed la temperatura izotermei care trece prin punctul D, la un conținut de umiditate corespunzător abscisei x a punctului D. Întrucât entalpia vaporilor de apă crește cu temperatura, panta izotermelor se mărește și ea cu temperatura.

Liniile de entalpie constantă sunt drepte echidistante, paralele cu dreapta OB.

Pe diagrama $i-x$ se trasează și curbele umidității relative constante conform ecuației

(4.79.), astfel că se obține diagrama aerului umed (fig. 4.16.).

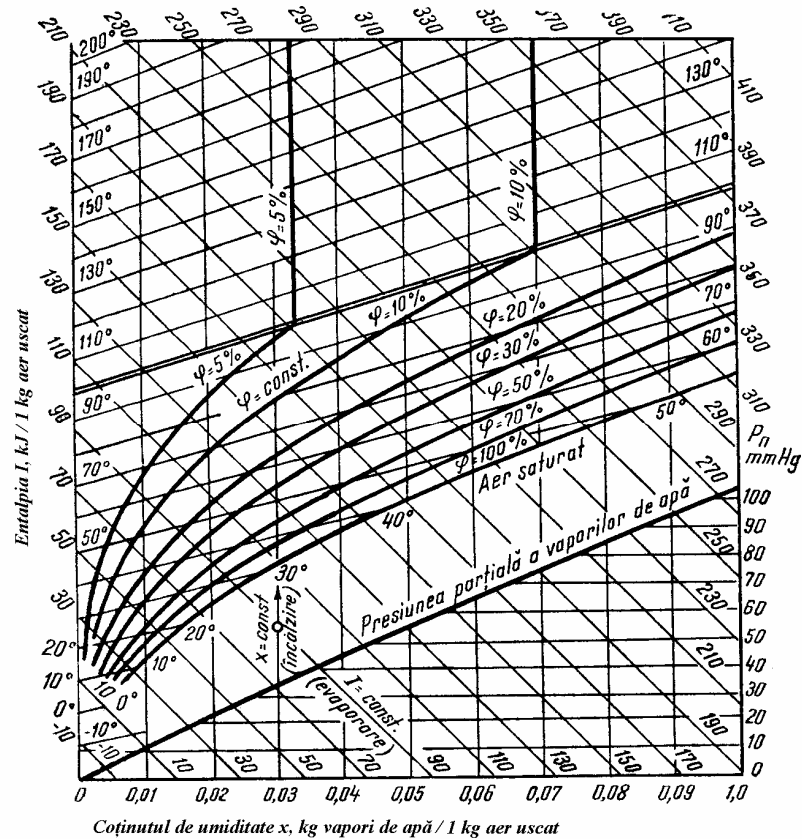
Fig. 4.16. Diagrama $i-x$ a aerului umed

Diagrama $i-x$ este utilizată și la determinarea temperaturii de rouă (T_r) și a temperaturii termometrului umed (T_{um}).

Din punctul A ce definește starea aerului umed în diagramă (fig. 4.17) se coboară pe linia $x=const.$ și se duce linia $i=const.$, la intersecția cu curba de saturație ($\varphi=100$) se citesc izotermele ce trec prin acele puncte. Acestea reprezintă temperatura de rouă, respectiv temperatura termometrului umed.

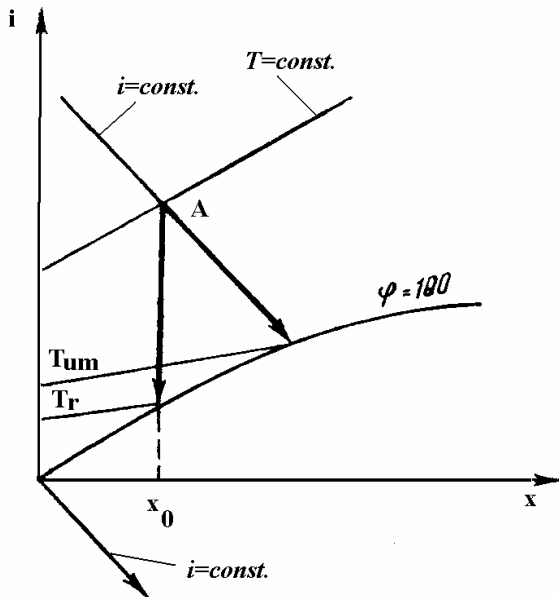


Fig. 4.17. Determinarea grafică a temperaturii de rouă și a temperaturii termometrului umed

Bilanțul de materiale permite determinarea cantității de apă evaporată și a consumului de aer necesar pentru uscare. Pentru aceasta trebuie cunoscute umiditatea inițială și finală a materialului supus uscării, cantitatea de material ce trebuie uscată, respectiv conținutul în umiditate a aerului.

Umiditatea materialului poate fi exprimată procentual raportată la cantitatea totală (C_m) sau raportată doar la substanța uscată, prima variantă fiind utilizată cu precădere în calculele practice.

Bilanțul total de materiale la

uscare se scrie sub forma:

$$M_{mi} = W + M_{mf} \quad (4.84.)$$

în care: W reprezintă cantitatea de apă evaporată iar indicii i și f fac referire la intrare, respectiv ieșire.

Bilanțul parțial pentru substanță uscată are forma:

$$M_{mi} (100 - C_{mi}) = M_{mf} (100 - C_{mf}) \quad (4.85.)$$

Din relațiile de mai sus se obțin cantitatea de apă evaporată și cantitatea de material uscat:

$$W = M_{mi} \frac{C_{mi} - C_{mf}}{100 - C_{mf}}; M_{mf} = M_{mi} \frac{100 - C_{mi}}{100 - C_{mf}} \quad (4.86.)$$

Necesarul sau consumul de aer pentru uscare se obține din bilanțul umidității la intrarea și ieșirea din uscător:

$$M_{mi} \frac{C_{mi}}{100} + M_{ma} x_1 = M_{mf} \frac{C_{mf}}{100} + M_{ma} x_2 \quad (4.87.)$$

unde: M_{ma} este debitul de aer;

x_1 – conținutul în umiditate a aerului la intrare;

x_2 – conținutul în umiditate a aerului la ieșire.

Înlocuind pe M_{mf} cu M_{mi} din relația (4.86.) se obține pentru debitul de aer relația:

$$M_{ma} = \frac{M_{mi} \frac{C_{mi} - C_{mf}}{100 - C_{mf}}}{x_2 - x_1} = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (4.88.)$$

Consumul specific de aer reprezintă cantitatea de aer necesară pentru îndepărtarea unui kilogram de umiditate:

$$m = \frac{M_{ma}}{W} = \frac{1}{x_2 - x_1} \quad (4.89.)$$

Pentru îndepărtarea umidității dintr-un material se consumă o mare cantitate de căldură. La întocmirea bilanțului termic se scrie egalitatea dintre căldurile intrate, respectiv cele ieșite din sistem, plecându-se de la schema de principiu din figura 4.18. Aici materialul circulă în contracurent cu aerul reducându-și umiditatea de la C_{mi} la C_{mf} .

În sistem intră căldurile:

► căldura introdusă de materialul umed Q_{Mi} sub două forme: căldura adusă de materialul uscat și căldura adusă de umiditatea eliminată din material;

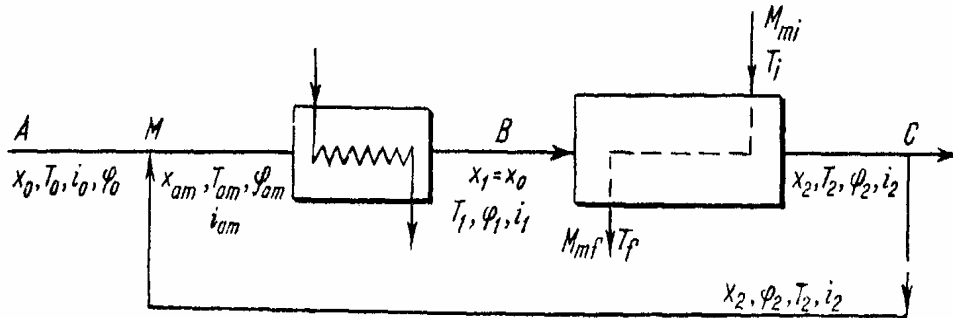


Fig. 4.18. Schema de calcul a bilanțului termic

- căldura adusă de aerul necesar uscării Q_{ai} ;
- căldura adusă cu dispozitivul de transport Q_{ti} ;
- căldura dată de aerul din bateria de încălzire Q_{sb} ;
- căldura introdusă de un calorifer dispus în uscător Q_{ss} ;

Din sistem ies căldurile:

- ◆ căldura ieșită cu materialul uscat Q_{Mf} ;
- ◆ căldura ieșită cu aerul Q_{af} ;
- ◆ căldura scoasă de dispozitivul de transport Q_{tf} ;
- ◆ căldura pierdută în mediul înconjurător Q_{sp} .

Se obține pentru bilanțul termic egalitatea:

$$Q_{Mi} + Q_{ai} + Q_{ti} + Q_{sb} + Q_{ss} = Q_{Mf} + Q_{af} + Q_{tf} + Q_{sp} \quad (4.90.)$$

Înlocuind fiecare termen cu expresiile lor se obține:

$$\begin{aligned} (M_{mi} c_{pf} T_i + W \cdot c_{pa} T_i) + M_{ma} i_0 + M_t c_{pt} T_{ti} + Q_{sb} + Q_{ss} = \\ = M_{mf} c_{pf} T_f + M_{ma} i_2 + M_t c_{pt} T_{tf} + Q_{sp} \end{aligned} \quad (4.91.)$$

în care: M_t este masa mijlocului de transport;

c_{pa} , c_{pf} , c_{pt} – căldurile specifice pentru apă, material uscat și mijloc de transport;

T_t – temperatura mijlocului de transport.

Cantitatea de căldură necesară a fi introdusă în sistem, în timpul operației de uscare va fi:

$$\begin{aligned} Q_s = Q_{sb} + Q_{ss} = M_{mf} c_{pf} (T_f - T_i) + M_{ma} (i_2 - i_0) + M_t c_{pt} (T_{tf} - T_{ti}) + \\ + Q_{sp} - W c_{pa} T_i \end{aligned} \quad (4.92.)$$

Consumul specific de căldură necesar pentru evaporarea unui kg de umiditate se obține împărțind relația de mai sus cu W :

$$q_s = q_{sb} + q_{ss} = m(i_2 - i_0) + q_t + q_{sp} - c_{pa} T_i \quad (4.93.)$$

Consumul specific în bateria de încălzire este:

$$q_{sb} = m(i_1 - i_0) = \frac{i_1 - i_0}{x_2 - x_0} \quad (4.93.)$$

Cu indicele 0 se notează parametrii aerului la intrarea în bateria de încălzire, cu 1 parametrii aerului la intrarea în uscător și cu 2 la ieșirea din uscător.

Înlocuind pe q_{ss} în relația (4.92.) se ajunge la forma:

$$\frac{i_2 - i_1}{x_2 - x_0} = q_{ss} + c_{pc} T_i - q_m - q_t - q_{sp} = \Delta \quad (4.94.)$$

Termenul notat cu Δ reprezintă surplusul de căldură introdus în uscător, toate căldurile fiind raportate la un kg de apă evaporată. Întrucât $x_2 > x_1$ semnul lui Δ este dat de diferența $i_2 - i_1$.

Dacă $\Delta = 0$ ($i_1 = i_2$) uscarea are loc fără variația entalpiei aerului în uscător, iar uscătorul se numește ideal. Când $\Delta \neq 0$ uscătorul este real și cel mai frecvent întâlnit este cazul când $i_2 < i_1$, adică suplimentul de căldură adus de calorifer este mai mic decât consumul de căldură din uscător.

4.7.2. Cinetica operației de uscare

Cinetica stabilește legătura dintre variațiile umidității materialului supus uscării și parametrii procesului, servind la determinarea duratei și a regimului de uscare.

Se definește viteza de uscare ca fiind cantitatea de umiditate îndepărtată de pe unitatea de suprafață în unitatea de timp:

$$w = \frac{dW}{A \cdot dt} \quad (4.95.)$$

Întrucât ecuațiile teoretice care definesc viteza de uscare, în raport cu condițiile inițiale și finale ale produsului, sunt complicate și greu de aplicat, se folosesc datele experimentale transpuse în condiții industriale și ecuațiile deduse pe modele fizice.

Prin integrarea ecuației de mai sus se poate obține durata de uscare:

$$t = \int \frac{dW}{A \cdot w} \quad (4.96.)$$

Dacă se exprimă umiditatea ce trebuie eliminată în funcție de cantitatea de substanță complet uscată M_{usc} , din materialul supus uscării, umiditatea inițială C_{mi} , respectiv finală C_{mf} și se intergează, se obține:

$$t = \frac{M_{usc} (C_{mi} - C_{mf})}{A \cdot w} \quad (4.97.)$$

Un asemenea mod de integrare este valabil doar atunci când viteza de uscare este constantă.

Uscarea materialelor este caracterizată prin curba de uscare, ca reprezentare grafică a variației umidității materialelor cu timpul, respectiv curba vitezei de uscare, ca reprezentarea grafică a variației vitezei de uscare cu umiditatea.

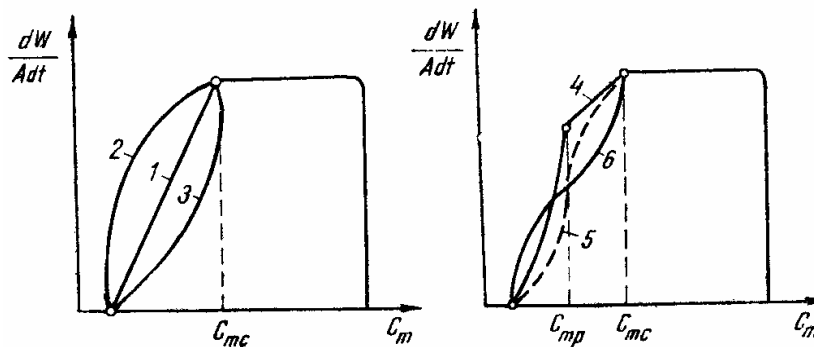


Fig. 4.19. Forma curbelor tipice pentru uscarea materialelor

Procesul de uscare, după forma curbelor, are două perioade: una cu viteză de uscare constantă și a doua cu viteză de uscare descrescătoare. La unele materiale perioada descrescătoare se împarte și ea în două zone distincte, numite prima și a doua perioadă de scădere a vitezei de uscare.

Din datele experimentale, majoritatea materialelor se pot încadra în una din cele șase tipuri de curbe de uscare (fig. 4.19.), în funcție de modul cum este legată umiditatea cu materialul supus uscării.

4.8. Absorbția

Absorbția este operația de separare a unuia sau a mai multor componenți din amestecurile gazoase, pe baza solubilității diferite a componenților într-un lichid. Amestecul gazos este adus în contact cu lichidul care, prin proprietățile selective, va dizolva componentul sau componenții ce urmează a fi separați.

Ca operație, absorbția se folosește la purificarea gazelor, recuperarea unor componenți sau la realizarea unor reacții chimice în faza lichidă. Dacă au loc reacții chimice între lichid și componenții solubili, fenomenul se numește chemosorbție.

Recuperarea componentului dizolvat se realizează prin desorbție și constă în încălzirea lichidului în care gazul este dizolvat, când prin trecerea lui în faza gazoasă se poate separa cu ajutorul unei pompe de vid.

Absorbantul sau faza lichidă se alege astfel încât acesta să îndeplinească anumite condiții: să aibă volatilitate mică, selectivitate bună, temperatura de fierbere cât mai ridicată.

Solubilitatea gazului reprezintă concentrația gazului dizolvat în soluția aflată în echilibru cu faza gazoasă. Cu cât presiunea parțială de echilibru a gazelor este mai scăzută, pentru o concentrație dată în lichid, gazele sunt mai solubile. Din datele experimentale s-a constatat că, în cele mai multe cazuri, solubilitatea unui gaz scade cu temperatura.

De regulă sunt cunoscute debitul de amestec gazos și concentrația componentului ce trebuie separat, iar pe baza bilanțului de materiale se determină debitul de absorbant ce urmează a absorbi o cantitate determinată din componentul gazos solubil sau concentrația soluției rezultate, când debitul de absorbant este constant.

Fig. 4.20. Modelul de calcul al bilanțului de materiale la absorbția în contracurent

Ecuția bilanțului de materiale pentru absorbția în contracurent (este același principiul de scriere și la absorbția în echicurent) se poate scrie plecând de la notațiile din figura 4.20. unde:

W – debitul molar de absorbant pur, constant la intrarea și ieșirea din aparat;

G – debitul molar de inert (partea insolubilă);

Y_i, Y_f – concentrațiile componentului solubil din amestecul gazos, la intrare și ieșire, în rapoarte molare;

X_i, X_f – concentrațiile componentului dizolvat din lichid, în rapoarte molare;

X, Y – concentrațiile componentului solubil în cele două faze.

În elementul dA intră cu amestecul gazos debitul molar de component solubil G_{ag} :

$$G_{ag} = G \cdot Y \quad (4.98.)$$

și iese debitul de $G_{ag} + dG_{ag}$:

$$G_{ag} + dG_{ag} = G \cdot Y - G \cdot dY \quad (4.99.)$$

Scăderea debitului molar al componentului solubil din gaz va fi:

$$dG_{ag} = -G \cdot dY \quad (4.100.)$$

Ca urmare a absorbției de către lichid, semnul – arată scăderea concentrației componentului solubil din gaz.

Pentru faza lichidă bilanțul componentului solubil se poate scrie în mod asemănător:

$$G_{al} = W \cdot X \quad (4.101.)$$

$$G_{al} + dG_{al} = W(X + dX)$$

Se obține creșterea debitului molar al componentului solubil în lichid:

$$dG_{al} = W \cdot dX \quad (4.102.)$$

Dacă regimul este staționar:

$$dG_{ag} = dG_{al} \quad (4.103.)$$

respectiv:

$$-G \cdot dY = W \cdot dX \quad (4.104.)$$

Relația de mai sus reprezintă ecuația diferențială a bilanțului de materiale, scrisă pentru componentul care se transferă din faza gazoasă în faza lichidă. Prin integrare se obține ecuația bilanțului de materiale pentru componentul care se absoarbe:

$$-G \int_{Y_i}^Y dY = W \int_X^{X_f} dX \quad (4.105.)$$

a cărei soluție este:

$$G(Y_i - Y) = W(X_f - X) \quad (4.106.)$$

Dacă se exprimă concentrațiile prin fracțiile molare se obține o relație de forma:

$$G \left(\frac{y_i}{1-y_i} - \frac{y}{1-y} \right) = W \left(\frac{x_f}{1-x_f} - \frac{x}{1-x} \right) \quad (4.107.)$$

Prin rezolvarea ecuației (4.105) în raport cu Y rezultă:

$$Y = \frac{W}{G} X + \frac{G \cdot Y_i - W \cdot X_f}{G} \quad (4.108)$$

Relația de mai sus este ecuația unei drepte de pantă W/G , raport care reprezintă debitul molar de absorbant pe unitatea de debit molar de gaz inert și se numește consumul specific de absorbant.

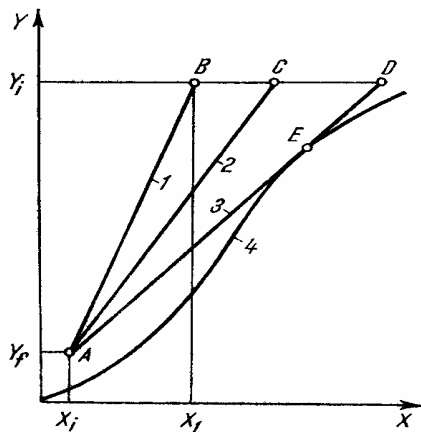


Fig. 4.21. Stabilirea consumului minim de dizolvant

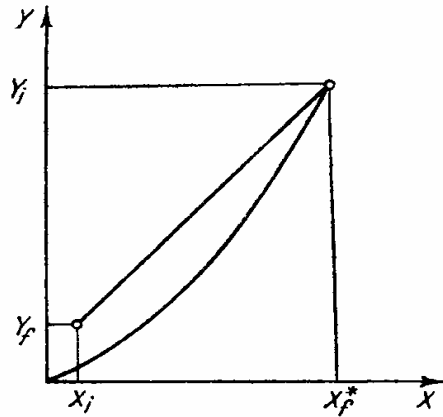


Fig. 4.22. Bilanțul teoretic al absorbției în contracurent

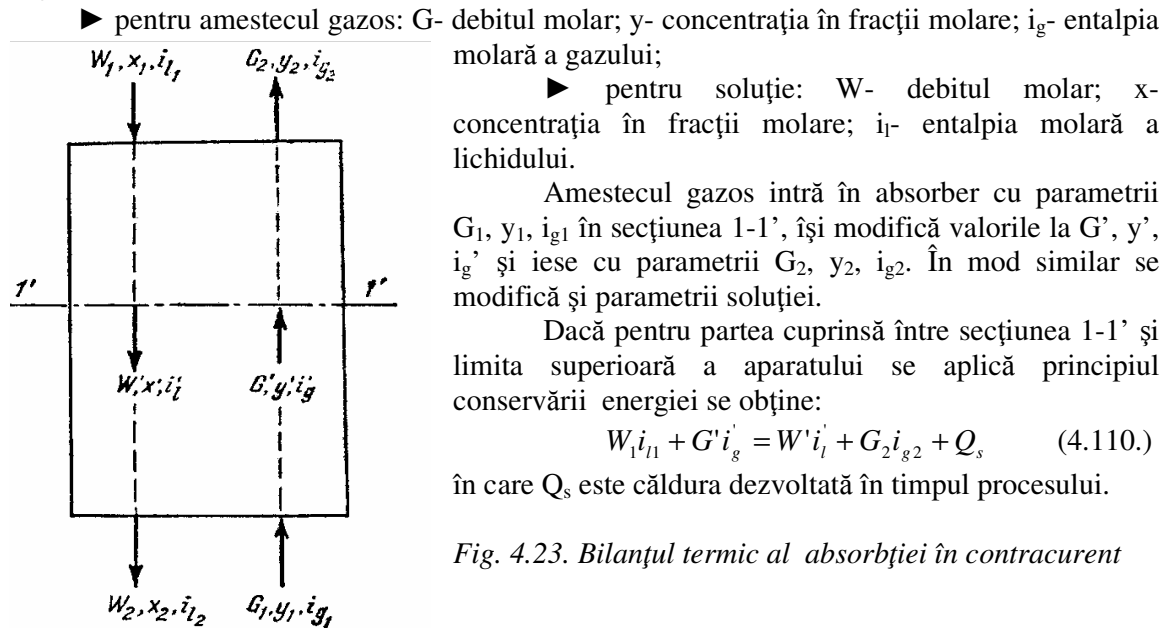
Alegerea debitului de absorbant se face în funcție de linia de echilibru 4 (fig. 4.21.). Cu cât liniile de operare 1, 2, 3 vor fi mai apropiate de linia de echilibru, forța motrice a procesului va scădea și absorbția se va face mai greu. Dacă linia de operare este tangentă la linia de echilibru (punctul E), în acel punct forța motrice este zero, iar timpul necesar realizării separării este infinit. Panta dreptei AD notată cu W_{min}/G reprezintă consumul specific minim de dizolvant.

La sistemul gaz-lichid curba de echilibru are concavitătea ca în figura 4.22. În aceste condiții consumul specific minim de dizolvant este determinat de panta liniei de operare care intersectează ordonata Y_i chiar pe curba de echilibru. Pentru soluția obținută concentrația X_p^* este concentrația soluției aflată în echilibru cu faza gazoasă la baza aparatului:

$$G(Y_i - Y_f) = W_{\min}(X_p^* - X_i) \quad (4.109.)$$

Absorbția poate fi considerată cu aproximație o operație izotermă, deoarece lucrează cu amestecuri și soluții diluate. Cum în practică are loc o creștere a temperaturii, aparatele sunt prevăzute cu sisteme de răcire.

Pentru cele două curenți (fig. 4.23.), unul ascendent și altul descendent, s-au făcut notațiile:



► pentru amestecul gazos: G - debitul molar; y - concentrația în fracții molare; i_g - entalpia molară a gazului;

► pentru soluție: W - debitul molar; x - concentrația în fracții molare; i_l - entalpia molară a lichidului.

Amestecul gazos intră în absorber cu parametrii G_1, y_1, i_{g1} în secțiunea 1-1', își modifică valorile la G', y', i_g' și iese cu parametrii G_2, y_2, i_{g2} . În mod similar se modifică și parametrii soluției.

Dacă pentru partea cuprinsă între secțiunea 1-1' și limita superioară a aparatului se aplică principiul conservării energiei se obține:

$$W_1 i_{l1} + G' i_g' = W' i_l' + G_2 i_{g2} + Q_s \quad (4.110.)$$

în care Q_s este căldura dezvoltată în timpul procesului.

Fig. 4.23. Bilanțul termic al absorbției în contracurent

Entalpia soluției de concentrație x' are forma:

$$i_l' = c_{pM} T_l + \Delta i_d \quad (4.111.)$$

unde: c_{pM} este capacitatea molară a soluției;

T_l – temperatura soluției în secțiunea 1-1';

Δi_d - căldura integrală de dizolvare.

Cu ajutorul relației (4.110.) se poate calcula căldura necesară a fi eliminată în timpul absorbției, pentru ca temperatura să se mențină constantă.

4.9. Adsorbția

Adsorbția este operația de separare prin care un component al unui amestec fluid este reținut pe suprafața unui lichid sau solid. În funcție de natura interacțiunilor moleculare adsorbția poate fi:

- ♦ fizică, ca efect al forțelor Van der Waals și se petrece în stratul molecular superficial;
- ♦ chimică, când fenomenul este însoțit de o reacție chimică.

Adsorbția se poate realiza cu suprafața de adsorbție mobilă sau cu suprafața de adsorbție fixă.

Capacitatea de adsorbție reprezintă însușirea unui adsorbent de a reține pe suprafața sa o cantitate determinată de adsorbit și se măsoară în kg substanță adsorbită pe kg sau m^3 adsorbent. Capacitatea de adsorbție poate fi:

- statică sau la echilibru, reprezentând cantitatea maximă de substanță adsorbită la temperatură constantă, atunci când contactul dintre adsorbent și adsorbant este static, fiind determinată din izotermele de adsorbție;
- dinamică, reprezentând cantitatea maximă adsorbită de materialul solid când peste acesta este trimis un flux continuu de fluid, este mai mică decât capacitatea statică deoarece nu se realizează condițiile de echilibru.

Ca adsorbenți se folosesc pământurile decolorante (argile naturale și activate), materiale pe bază de oxizi metalici, pe bază de bioxid de siliciu, cărbuni activi (minerali și vegetali), site moleculare (zeoliți sintetici).

Adsorbția poate fi descrisă, pentru un sistem solid-fluid pur, de o ecuație de stare ca funcție univocă de temperatură și presiune la echilibru a fazei fluide:

$$C_m = f(p, T) \quad (4.112.)$$

în care C_m este concentrația substanței adsorbită la echilibru, în grame adsorbit pe grame adsorbent.

Condițiile de echilibru în procesul de adsorbție se stabilesc pe cale experimentală, exprimarea cea mai uzuală fiind sub forma izotermelor de adsorbție. Diagramele au forma specifică fiecărui sistem (fig. 4.24) și exprimă corelația dintre cantitatea de adsorbit și presiunea parțială a adsorbitului în faza gazoasă.

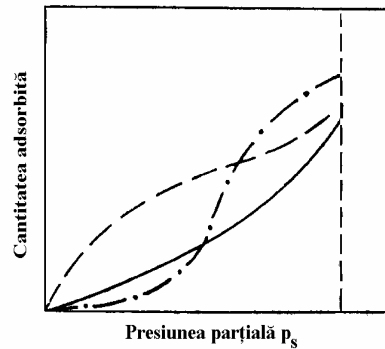


Fig. 4.24. Izoterme de adsorbție

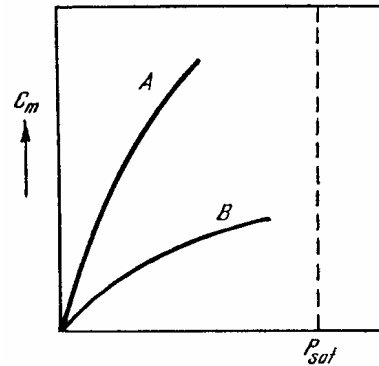


Fig. 4.25. Compararea izotermelor de adsorbție

Sistemele care au concavitățile izotermelor spre abscisă sunt favorabile adsorbției, iar cele cu concavitățile spre ordonată sunt nefavorabile adsorbției. Pentru un sistem cu o temperatură dată, valoarea maximă a presiunii este cea de saturație, p_{sat} .

Posibilitatea de separare prin adsorbție se poate stabili prin studiul izotermelor componentilor fluidului. Pentru doi componente A și B (fig. 4.25) ai fazei gazoase și un anumit adsorbent, izotermele arată că pentru componentul A adsorbentul are o capacitate de adsorbție mult mai mare față de componentul B.

Izotermele de adsorbție se pot exprima analitic prin ecuații de forma:

$$C_m = k_1 p_A^n \quad (4.113.)$$

Relația de mai sus se numește ecuația lui Freundlich și în coordonate logaritmice ea reprezintă o dreaptă. O altă formă de exprimare a izotermelor este ecuația lui Langmuir aplicabilă în cazul chemosorbției:

$$C_m = \frac{k_1 p_A}{1 + k_2 p_A} \quad (4.114.)$$

Adsorbția statică presupune introducerea adsorbentului granulat într-un aparat, odată cu lichidul de purificat, cu agitarea lor. După terminarea adsorbției, adsorbentul va sedimenta iar lichidul va si separat prin filtrare. Aceasta reprezintă adsorbția statică cu o singură treaptă de contactare, a cărei bilanțul de materiale prezentat în figura 4.26.

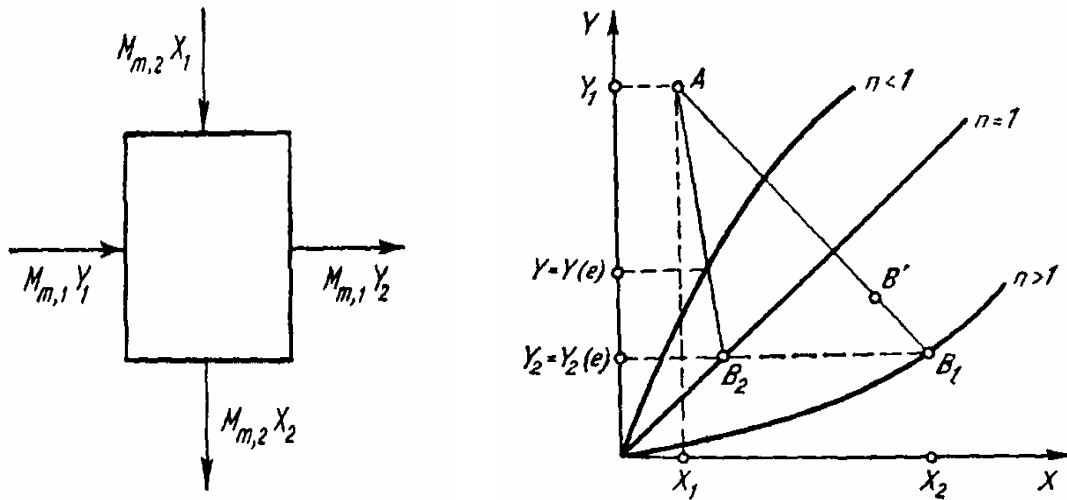


Fig. 4.26. Principiul adsorbției cu o singură treaptă de contactare

Conform figurii, bilanțul de materiale are expresia:

$$M_{m,1}(Y_1 - Y_2) = M_{m,2}(X_2 - X_1) \quad (4.115.)$$

în care: $M_{m,1}$ este debitul fazei fluide;

$M_{m,2}$ – debitul de adsorbent;

Y_1, Y_2 – concentrațiile în rapoarte molare a componentului adsorbit din faza fluidă;

X_1, X_2 – concentrațiile în rapoarte molare a componentului adsorbit în faza solidă.

Relația de mai sus reprezintă, pentru un sistem de coordonate XY, linia de operare cu panta $M_{m,2}/M_{m,1} = -k$.

În cazul soluțiilor diluate, curba de echilibru poate fi descrisă de o ecuație de forma:

$$Y_{(e)} = k_1 X^n \quad (4.116.)$$

Din ultimele două relații se obține:

$$\frac{M_{m,2}}{M_{m,1}} = \frac{Y_1 - Y_2}{\left(\frac{Y_2}{k_1}\right)^{\frac{1}{n}}} \quad (4.117.)$$

Dacă se cunosc coeficientul k_1 și exponentul n , pentru o variație a concentrației fazei fluide de la Y_1 la Y_2 , se poate calcula debitul de adsorbent pur ($X_1=0$). În figura 4.26. sunt trasate curbele de echilibru pentru diverse valori ale lui n și drepte de operare AB de pante diferite. Punctele B_1 și B_2 sunt situațiile limită de atingere a condițiilor de echilibru, dar cum în practică acest echilibru nu se realizează, concentrația finală a adsorbitului este dată de coordonatele punctului B' .

Adsorbția dinamică presupune existența unui flux continuu de fază fluidă ce străbate un strat fix sau mobil de adsorbent. Ea se realizează în două faze simultane, adsorbție continuă sau periodică, adsorbție discontinuă.

Într-o primă fază are loc adsorbția selectivă în regim izoterm, iar în faza a doua se execută regenerarea adsorbentului. După câteva cicluri de adsorbție-desorbție este necesară reactivarea adsorbentului.

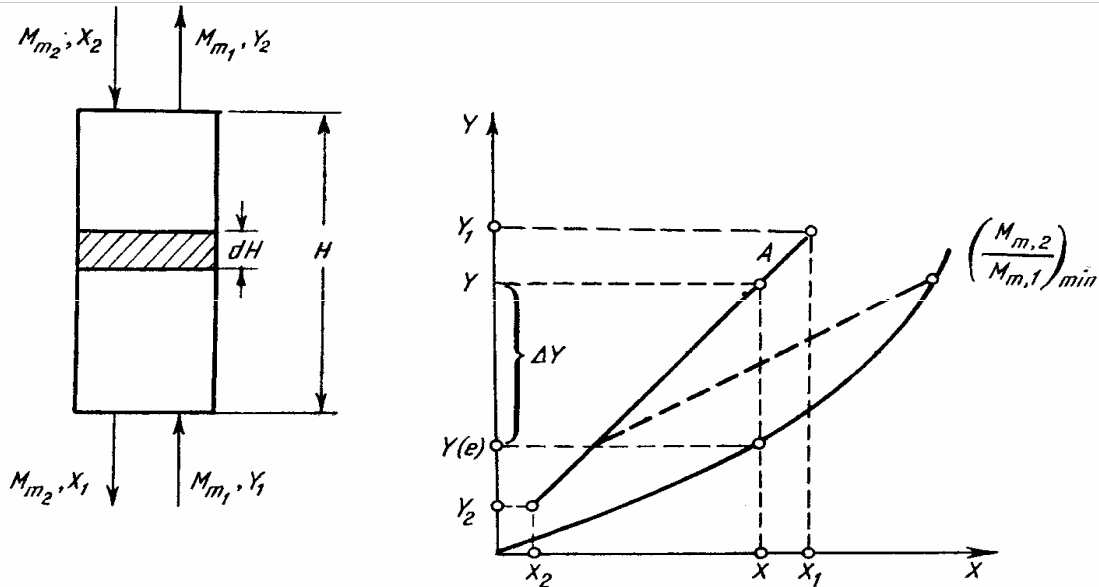


Fig. 4.27. Principiul adsorbției continue în strat mobil

Pentru adsorbția continuă cu contactare permanentă, între adsorbentul granulat și fluidul ce circulă în contracurent, procesul de lucru este prezentat în figura 4.27. În acest caz din faza fluidă se transferă un singur component către faza solidă, procesul fiind asemănător cu adsorbția.

Pentru componentul adsorbit, când debitele celor două faze sunt constante, bilanțul de materiale are forma:

$$M_{m,1}(Y_1 - Y_2) = M_{m,2}(X_1 - X_2) \quad (4.118.)$$

Linia punctată reprezintă dreapta de operare care intersectează curba de echilibru, caz în care numărul treptelor de separare este infinit.

Pentru o secțiunea a coloanei dH , de coordonate X și Y (punctul A), forța motrice a procesului este dată de diferența $\Delta Y = Y - Y_{(e)}$. Totodată bilanțul diferențial de masă pentru componentul adsorbit va fi:

$$M_{m,1}dY = M_{m,2}dX = K_g a_s (Y - Y_{(e)})dH \quad (4.119.)$$

în care: K_g este coeficientul global de transfer de masă în adsorbție, raportat la faza fluidă;

a_s – suprafața specifică sau interfața reală de contact.

Numărul de unități de transfer (NUT) se obține după integrarea relației (4.119.) între limitele de lucru:

$$(NUT)_g = -\int_{Y_1}^{Y_2} \frac{dY}{Y - Y_{(e)}} = \frac{K_g a_s}{M_{m,1}} \int_0^H dH = \frac{K_g a_s}{M_{m,1}} H \quad (4.120.)$$

Ca și în cazul adsorbției, integrala de mai sus se poate rezolva numai pe cale grafică.

În mod similar se poate scrie numărul unităților de transfer și pentru faza solidă.

4.10. Extracția

Extracția este operația prin care se separă, total sau parțial, unul sau mai mulți componenți dintr-o soluție omogenă ori dintr-un amestec solid, cu ajutorul unui dizolvant.

Dacă separarea are loc între sisteme formate din faze lichide, aceasta se numește extracție lichid-lichid sau rafinare. Aici rafinatul este constituit din faza lichidă epuizată, iar extractul din dizolvant și componentul extras.

Dacă separarea urmărește îndepărtarea unui component dintr-un mediu solid, atunci operația se numește extracție solid-lichid, spălare sau elutriere. Aici extractul este alcătuit din dizolvant și solut (componentul dizolvat), iar reziduul din faza solidă epuizată.

Pentru punerea în evidență a modului cum se realizează separarea s-a făcut apel la extracția simplă (fig. 4.28) în care amestecul inițial A+B este introdus într-un amestecător, împreună cu dizolvantul S, după separare rezultând rafinatul și extractul.

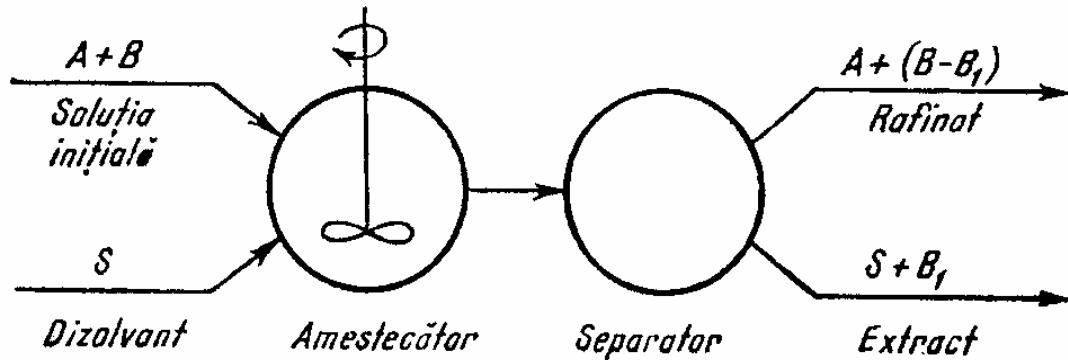


Fig. 4.28. Principiul extracției lichid-lichid într-o singură treaptă

Alegerea dizolvantului este o problemă extrem de importantă, deoarece acesta trebuie să țină cont de numeroase aspecte tehnice, cele mai importante fiind: selectivitatea, densitatea, vâscozitatea, tensiunea interfațială, temperaturile la care au loc transformările de fază, reactivitatea chimică, corozivitatea, toxicitatea, etc.

La separarea prin extracție se presupune contactul permanent între dizolvant și soluția inițială. Conform legii lui Fick (v. ecuația 4.22.) cantitatea de substanță transferată este proporțională cu suprafața de contact și cu potențialul procesului. Potențialul transferului de masă solicită cunoașterea legilor echilibrului de fază la sistemele eterogene lichide.

În funcție de numărul componentelor ce alcătuiesc sistemele lichide, acestea pot fi:

- ◆ sisteme lichide monocomponente, cu un singur component;
- ◆ sisteme lichide binare, cu doi componenți;
- ◆ sisteme lichide ternare, cu trei componenți;
- ◆ sisteme lichide cuaternare, cu patru componenți;
- ◆ sisteme lichide multicomponente.

La baza procesului de trecere a unui component din faza lichidă inițială în faza lichidă formată cu dizolvantul, stau două procese elementare:

- difuzia componentului solubil din soluția inițială către interfață;
- difuzia componentului solubil de la interfață către masa dizolvantului.

Cantitatea de component solubil ce se transferă este proporțională cu potențialul procesului care, sub forma diferențelor de concentrație este:

$$N_{mB} = k_R A(x_B - x_{Bi}) = k_E A(y_{Bi} - y_B) = K_R A(x_B - x_B^*) = K_E A(y_B^* - y_B) \quad (4.121.)$$

în care: k_R este coeficientul individual de transfer în rafinat;

k_E – coeficientul individual de transfer în extract;

K_R – coeficientul global de transfer raportat la rafinat;

K_E – coeficientul global de transfer raportat la extract.

Indicele i se referă la concentrația de interfață iar asterixul la concentrația de echilibru a componentului dizolvat conform legii lui Nernst.

Legătura dintre coeficienții de transfer de masă individuali și globali este dată de relațiile:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{k_R} + \frac{1}{k_{NB}k_E}} \quad (4.122.)$$

$$K_E = \frac{1}{\frac{1}{k_E} + \frac{k_{NB}}{k_R}}$$

unde k_{NB} este un coeficient de repartiție.

Rezistențele la difuziune în fazele sistemului depind de solubilitatea solutului în cele două faze, adică de coeficientul de repartiție. Coeficienții individuali de transfer se determină cu ajutorul ecuațiilor criteriale.

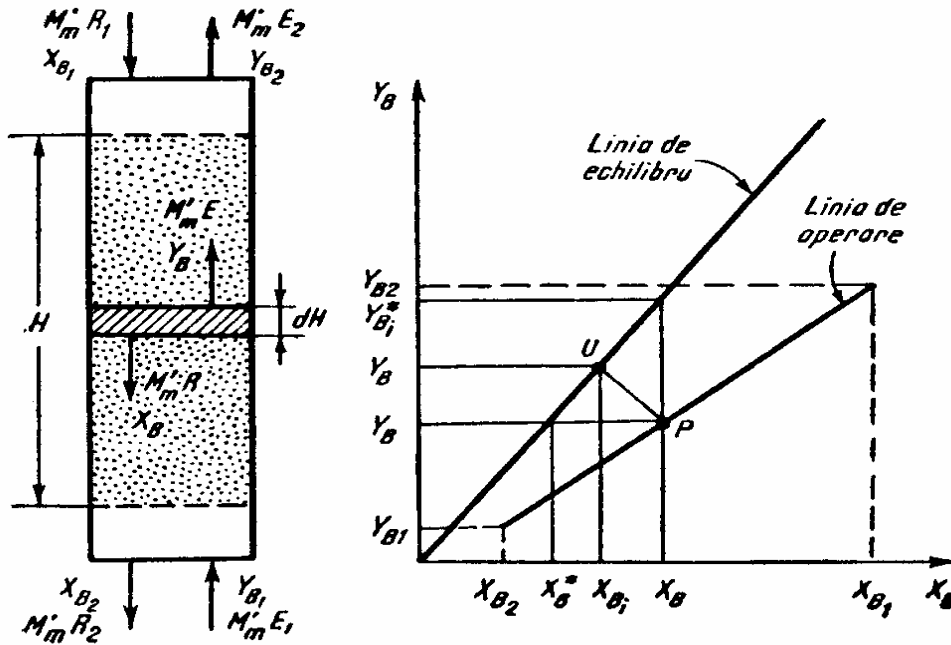


Fig. 4.29. Principiul extracției diferențiale în contracurent

Extracția diferențială în contracurent se realizează în coloane cu umplutură sau cu stropire, în care se introduc și se scot în flux continuu cele două faze. Lichidul mai dens se introduce pe la partea superioară, iar lichidul mai puțin dens pe la partea inferioară.

Pentru coloana de înălțime H (fig. 4.29), se separă un element de volum dH la care concentrațiile fazelor la ieșirea din acesta sunt X_B și Y_B (punctul P din diagramă). Dacă din punctul P se duce o dreaptă de pantă egală cu raportul coeficienților individuali de transfer, la intersecția cu linia de echilibru se obțin concentrațiile fazelor în echilibru.

Bilanțul solutului care se transferă în procesul de extracție se poate scrie sub forma:

$$dM_{mB} = d(M'_{mR} X_B) = k_R dA (X_B - X_{B1}) = K_E dA (X_B - X_B^*) \quad (4.123.)$$

$$dM_{mB} = d(M'_{mE} Y_B) = k_E dA (Y_{B1} - Y_B) = K_E dA (Y_B^* - Y_B)$$

Suprafața prin care se face transferul de masă depinde de suprafața specifică de contact a și aria secțiunii transversale A_0 :

$$dA = a \cdot A_0 dH \quad (4.124.)$$

Se obține din cele două relații:

$$d(M'_{mR} X_B) = M'_{mR} dX_B = K_R a \cdot A_0 (X_B - X_B^*) dH \quad (4.125.)$$

Atât concentrațiile rafinatului, cât și a extractului sunt exprimate sub formă de rapoarte masice între componenții A, B și S, debitul masic de rafinat făcând referire numai la componentul A. În condițiile în care A și S sunt total nemiscibile, relația de mai sus este adevărată, iar prin integrare rezultă:

$$H = \frac{M'_{mR}}{K_R a \cdot A_0} \int_{X_{B2}}^{X_{B1}} \frac{dX_B}{X_B - X_B^*} \quad (4.126.)$$

În precedenta relație prima fracție reprezintă înălțimea globală a unității de transfer $(IUT)_{TR}$, iar integrala numărul global al unităților de transfer, ambele raportate la faza rafinat.

Dacă legea distribuției ideale este valabilă se scrie ecuația bilanțului solutului pentru porțiunea de coloană de sub elementul de volum:

$$M'_{mR} X_B + M'_{mE1} Y_{B1} = M'_{mR2} X_{B2} + M'_{mE} Y_B \quad (4.127.)$$

Dacă cei doi componenți S și A sunt nemiscibili, $M'_{mR} = M'_{mR2}$ respectiv $M'_{mE1} = M'_{mE}$, iar legea de distribuție ideală va avea forma:

$$Y_B = k_{NB} X_B^* \quad (4.128.)$$

Cu aceasta se obține pentru X_B^* expresia:

$$X_B^* = \frac{M'_{mR}}{M'_{mE} k_{NB}} (X_B - X_{B2}) + \frac{Y_{B1}}{k_{NB}} \quad (4.129.)$$

Prin înlocuire în expresia integralei și integrare se obține:

$$(NUT)_{TR} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \ln \left[\frac{X_{B1} - \frac{Y_{B1}}{k_{NB}}}{X_{B2} - \frac{Y_{B1}}{k_{NB}}} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon} \right) + \frac{1}{\varepsilon} \right] \quad 4.130.)$$

în care $\varepsilon = \frac{M'_{mE}}{M'_{mR}}$ reprezintă factorul de extracție.

În practică, la extracția lichid-lichid se folosește contactul în trepte; cu cât numărul treptelor de contact este mai mic, procesul este discontinuu, iar când numărul treptelor de contact este mai mare procesul se apropie de continuu.

Extracția în echicurent poate fi studiată după modelul din figura 4.30. Pentru o instalație cu n trepte teoretice de contact, soluția inițială se introduce în prima treaptă, iar rafinatul se scoate din ultima treaptă. Totodată, în fiecare treaptă se introduce dizolvant proaspăt și se culege un extract. Scopul este acela de a determina numărul treptelor teoretice de contact.

Pentru început se admite că componenții A și S sunt nemiscibili, iar legea distribuției ideale este valabilă. În aceste condiții se poate scrie:

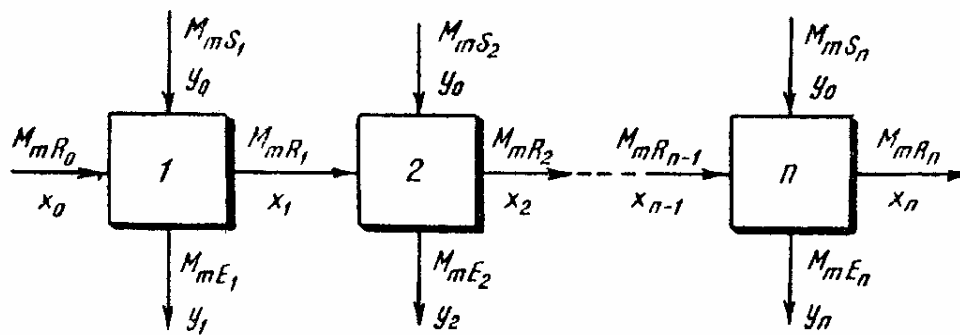


Fig. 4.30. Modelul extracției în echicurent

$$M'_{mR0} = M'_{mR1} = \dots = M'_{mRn} = M'_{mR} = const. \quad (4.131.)$$

$$M'_{mS1} = M'_{mE1} = const. \dots M'_{mSn} = M'_{mEn} = const.$$

respectiv:

$$Y_{B1} = k_{NB} X_{B1}$$

.....

$$Y_{Bn} = k_{NB} X_{Bn} \quad (4.132.)$$

în care: M'_{mR0} este cantitatea de component A din soluția inițială;

M'_{mS1} - cantitatea de component S în dizolvant;

X_{B1} - concentrația rafinatului din prima treaptă;

Y_{B1} - concentrația extractului din prima treaptă.

Pentru fiecare treaptă de contact se scrie bilanțul solutului, iar după introducerea condițiilor de mai sus se aranjează sub forma:

$$X_{B1} = \frac{X_{B0}}{1 + s_1 k_{NB}} + \frac{s_1 Y_{B0}}{1 + s_1 k_{NB}}$$

$$X_{B2} = \frac{X_{B1}}{1 + s_2 k_{NB}} + \frac{s_2 Y_{B0}}{1 + s_2 k_{NB}} \quad (4.133.)$$

.....

$$X_{Bn} = \frac{X_{Bn-1}}{1 + s_{n-1} k_{NB}} + \frac{s_{n-1} Y_{B0}}{1 + s_{n-1} k_{NB}}$$

unde s este consumul specific de dizolvant consumat într-o treaptă (în kgS/kgA).

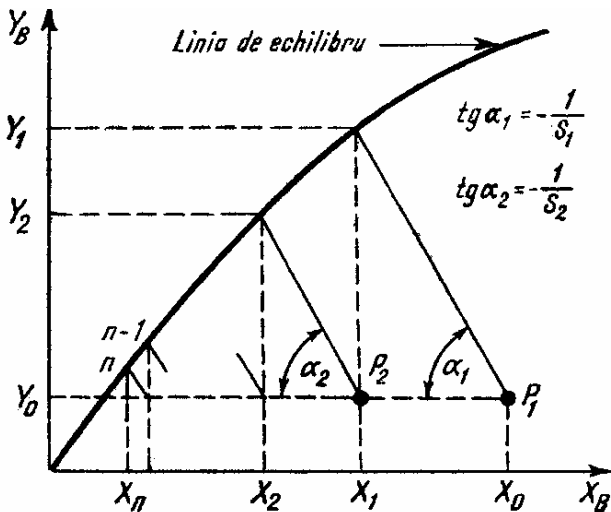
Prin substituirea succesivă a concentrațiilor rafinatului dintr-o ecuație în alta se obține:

$$X_{Bn} = \frac{X_{B0}}{(1 + s \cdot k_{NB})^n} + \frac{s \cdot Y_{B0}}{1 + s \cdot k_{NB}} \left[1 + \frac{1}{1 + s \cdot k_{NB}} + \frac{1}{(1 + s \cdot k_{NB})^2} + \dots + \frac{1}{(1 + s \cdot k_{NB})^{n-1}} \right] \quad (4.134.)$$

sau sub forma simplificată:

$$\left(\frac{1}{1 + s \cdot k_{NB}} \right)^n = \frac{X_{Bn} k_{NB} - Y_{B0}}{X_{B0} k_{NB}} \quad (4.135.)$$

Din relația de mai sus se poate calcula prin logaritmare numărul treptelor teoretice de contact.



În cazul unui amestec ternar la care doi componenți sunt nemiscibili total, iar legea distribuției ideale nu este respectată, acest număr de trepte teoretice de contact se determină grafic (fig. 4.21).

Se trasează curba de echilibru pe baza datelor experimentale și se stabilesc punctele care corespund compoziției dizolvantului Y_0 , compoziției soluției inițiale X_0 și compoziției finale a rafinatului X_n .

Fig. 4.21. Graficul de determinare a numărului treptelor teoretice de contact la extracția în echicurent

Se scrie bilanțul de materriale pentru componentul B, corespunzător primei trepte de contact:

$$M'_{mR0} X_{B0} + M'_{mS1} Y_{B0} = M'_{mR1} X_{B1} + M'_{mE1} Y_{B1} \quad (4.136.)$$

Dacă se notează consumul specific de dizolvant $s_1 = M'_{mS1} / M'_{mR0}$ relația de mai sus devine:

$$-\frac{1}{s_1} = \frac{Y_{B1} - Y_{B0}}{X_{B1} - X_{B0}} \quad (4.137.)$$

Relația (4.137.) reprezintă ecuația unei drepte de pantă $-1/s_1$ și care trece prin punctul $P_1 (X_0, Y_0)$. La intersecția dreptei de operare cu curba de echilibru se obțin compozițiile rafinatului și extractului la ieșirea din prima treaptă de contact.

Pentru a doua treaptă de contact, din bilanțul de materiale se obține o relație de forma:

$$-\frac{1}{s_2} = \frac{Y_{B2} - Y_{B0}}{X_{B2} - X_{B1}} \quad (4.138.)$$

Dreapta de pantă $-1/s_2$ ce trece prin punctul $P_2 (X_{B1}, Y_{B0})$ va intersecta curba de echilibru într-un punct ale cărui coordonate vor reprezenta compoziția rafinatului și extractului la ieșirea din treapta a doua de contact.

Aceiași operație se face pentru restul treptelor de contact, până se obține pentru rafinat compoziția dorită X_{Bn} .

Principiul extracției în contracurent (fig. 4.22) presupune introducerea soluției supusă extracției în prima treaptă, iar dizolvantul în ultima treaptă, contactarea fazelor realizându-se în contracurent, numărul treptelor de contact fiind determinat pe cale analitică sau grafică.

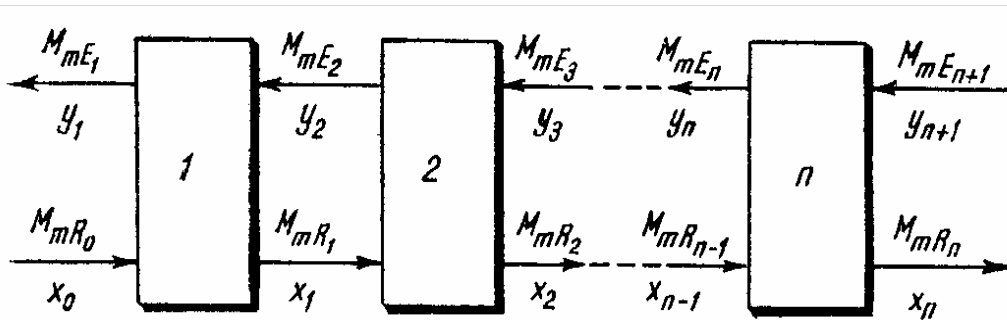


Fig. 4.22. Modelul extracției în contracurent

Pentru componenții A și S nemiscibili și legea distribuției ideale este valabilă, liniile de echilibru și de operare sunt drepte iar numărul treptelor de contact poate fi calculat. Se scrie bilanțul de materiale pentru componentul B, corespunzător celor n-1 trepte:

$$\begin{aligned} s \cdot k_{NB} (X_{B2} - X_{B1}) &= X_{B1} - X_{B0} \\ s \cdot k_{NB} (X_{B3} - X_{B2}) &= X_{B2} - X_{B1} \\ &\dots\dots\dots \\ s \cdot k_{NB} (X_{Bn} - X_{Bn-1}) &= X_{Bn-1} - X_{Bn-2} \end{aligned} \quad (4.139.)$$

în care $s = M'_{mE2} / M'_{mR0}$ este consumul specific de dizolvant.

Ca și în cazul precedent, prin substituirea diferențelor de concentrație dintr-o ecuație în alta se obține:

$$(s \cdot k_{NB})^{n-1} (X_{Bn} - X_{Bn-1}) = X_{B1} - X_{B0} \quad (4.140.)$$

Pentru ultima treaptă de contact n se poate scrie:

$$X_{Bn-1} = X_{Bn} - s(Y_{Bn+1} - k_{NB} X_{Bn}) \quad (4.141.)$$

Pentru componentul B bilanțul de materiale pentru întreaga instalație este:

$$X_{B1} = \frac{X_{B0}}{s \cdot k_{NB}} + \frac{Y_{Bn+1}}{s} - \frac{Y_{Bn}}{s \cdot k_{NB}} \quad (4.142.)$$

Din ultimele trei relații, după unele rearanjări se obține o expresie de forma:

$$(s \cdot k_{NB})^n = \frac{X_{Bn} + X_{B0} s \cdot k_{NB} - s \cdot k_{NB} - X_{B0}}{X_{Bn} s \cdot k_{NB} - s \cdot Y_{Bn+1}} \quad (4.143.)$$

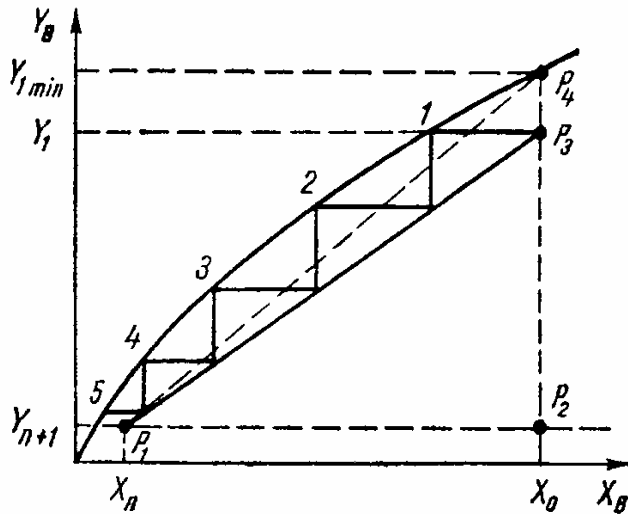


Fig.4.23. Graficul de determinare a numărului treptelor de contact la extracția în contracurent

Relația de mai sus poate fi rezolvată analitic prin logaritmare, rezultând numărul treptelor teoretice de contact.

Dacă cei doi componenți A și S sunt nemiscibili dar legea distribuției ideale nu este respectată, numărul treptelor teoretice de contact se determină pe cale grafică (fig. 4.24.). Pe linia de echilibru, trasată pe baza datelor experimentale, se

evidențiază punctele X_0 , X_n și Y_{n+1} . Din ecuația bilanțului solutului pe toată instalația se obține:

$$M'_{mA0} X_{B0} + M'_{mSn+1} Y_{Bn+1} = M'_{mAn} X_{Bn} + M'_{mS1} Y_{B1} \quad (4.144.)$$

Din relația de mai sus se obține ecuația liniei de operare:

$$\frac{M'_{mA}}{M'_{mS}} = \frac{Y_{B1} - Y_{Bn+1}}{X_{B0} - X_{Bn}} \quad (4.145.)$$

Linia de operare trece prin punctul $P_1 (X_n, Y_{n+1})$ și printr-un al doilea punct situat pe dreapta $X=X_0$, ce poate avea două poziții limită date de P_2 și P_4 .

Dreptei de operare P_1P_4 îi corespunde o valoare maximă pentru diferența $Y_{B1} - Y_{Bn+1}$, raportul M'_{mA} / M'_{mS} are valoarea maximă iar consumul specific de dizolvant este minim. În acest caz numărul treptelor de contact este infinit.

Dacă $Y_1 = Y_{n+1}$ consumul de dizolvant este infinit iar numărul treptelor de contact este egal cu unu.

Din ecuația (4.145.), prin înlocuirea $Y_{B1} = Y_{B1min}$ se obține consumul minim de dizolvant. Linia P_1P_3 se trasează pentru un consum de dizolvant mai mare decât valoarea minimă, punctul P_3 rezultând din ecuația de mai sus, după calcularea lui Y_{B1} . Prin trasarea unor drepte orizontale și verticale se obțin punctele de intersecție cu curba de echilibru, care corespund numărului treptelor de contact.

4.11. Cristalizarea

Cristalizarea este o operație prin care se realizează separarea uneia sau a mai multor substanțe solide, dintr-un sistem omogen lichid sub formă de soluție sau topitură. Prin formarea cristalelor, acestea pot fi separate de restul sistemului, astfel că operația poate fi folosită la recuperarea unui component dintr-o soluție, la purificarea unei substanțe prin cristalizări succesive sau la îmbunătățirea formei comerciale a unui produs.

Corpuri solide, cristalii au o formă regulată și structură chimică omogenă, iar prin dispunerea ordonată formează rețele cristaline ce determină o anumită formă exterioară, caracteristică fiecărei substanțe.

Cristalele se pot clasifica după simetria lor, principalele elemente de simetrie fiind: centrul de simetrie, axa de simetrie și planul de simetrie. În raport cu aceste elemente, cristalele se pot clasifica în șapte sisteme metalografice: cubic, tetragonal, rombic, monoclinic, triclinic, hexagonal și trigonal.

În anumite situații apare fenomenul de izomorfism când substanțe cu rețele cristaline similare și caracteristici chimice de același tip, cristalizează din soluție împreună, formând cristale mixte cu compoziție variabilă. De asemenea, în funcție de condițiile termodinamice unele substanțe pot cristaliza în diverse sisteme, fenomenul fiind cunoscut sub denumirea de polimorfism.

Corpurile solide au proprietatea de a se dizolva, într-o măsură diferită, specifică, apa fiind cel mai răspândit dizolvant. Dizolvarea este însoțită, de regulă, de o absorbție de căldură și mai rar de degajare de căldură. Căldura degajată sau absorbită la dizolvarea unei unități de masă dintr-o substanță se numește căldură de dizolvare:

$$Q_{diz} = Q_1 + Q_2 \quad (4.146.)$$

în care: Q_1 este căldura necesară distrugerii rețelei cristaline;

Q_2 – căldura de interacțiune dintre substanță și dizolvant, numită căldură de solvatare.

La distrugerea rețelei cristaline se consumă căldură în timp ce la dizolvare (hidratare dacă solventul este apa) Q_2 este întotdeauna pozitivă, efectul termic global fiind dependent de raportul celor două călduri. Majoritatea substanțelor solide prin dizolvare în apă determină o autorăcire a soluției ($Q_1 < Q_2$).

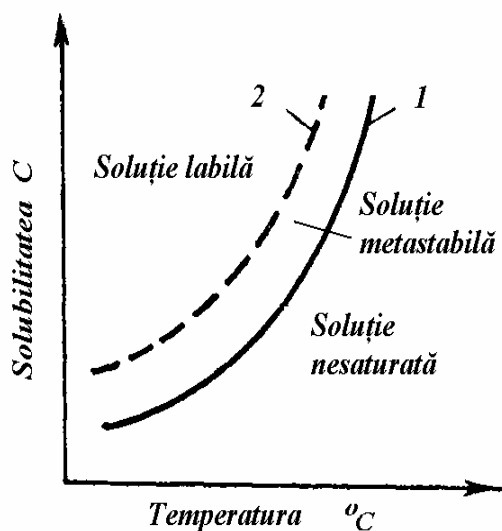


Fig. 4.24. Curba de solubilitate și suprasolubilitate pentru limitele metastabilității la cristalizare

Solubilitatea substanțelor solide nu depinde de presiune și se determină prin metode experimentale, fiind exprimată prin tabele sau grafice.

Pentru a putea cristaliza dintr-o soluție sau topitură, trebuie să existe o suprasaturație a substanței sub punctul de topire, procesul desfășurându-se în două etape: formarea centrelor sau a germenilor de cristalizare și creșterea cristalelor. Trebuie menționat că mecanismul formării centrelor de cristalizare nu este pe deplin lămurit.

În condițiile în care o soluție este suprasaturată peste anumite limite, unele substanțe cristalizează spontan. Mecanismul cristalizării poate fi provocat prin introducerea în soluție a unor cristale mici din substanța dizolvată sau prin intermediul unor acțiuni mecanice precum agitare, scuturare, frecarea pereților cu o baghetă de sticlă, respectiv cu ajutorul unui șoc termic.

Deoarece viteza de formare a centrelor de cristalizare crește cu saturația soluției, s-a emis ipoteza existenței unei limite de metastabilitate (fig. 4.24.) ce împarte domeniul de suprasaturație în două zone: zona labilă unde este posibilă cristalizarea spontană și metastabilă unde acest fenomen nu este posibil. Pe lângă curba de solubilitate 1, în figură mai este trasată și curba de suprasolubilitate 2, ce constituie limita dintre cele două zone ale soluției.

Prin formarea centrelor de cristalizare și creșterea cristalelor, datorită gradientului de concentrație care se crează, spre suprafața cristalului se transportă prin difuziune și convecție o cantitate de substanță definită prin relația:

$$\frac{dM}{dt} = k_d A (C - C_i) \quad (4.147.)$$

în care k_d este coeficientul parțial de transfer de masă de la soluție la interfața cristal-lichid.

Cantitatea de substanță de mai sus se va depune pe suprafața cristalului, iar ecuația ce descrie fenomenul este:

$$\frac{dM}{dt} = k_r (C_i - C^*) \quad (4.148.)$$

Cele două cantități sunt egale și de aici rezultă:

$$\frac{dM}{dt} = k_d A (C - C_i) = k_r A (C_i - C^*) \quad (4.149.)$$

în care: k_r constanta vitezei de cristalizare:

C – concentrația soluției, i -interfață cristal-lichid, $*$ - cristal.

Deoarece concentrația substanței la interfața cristal-lichid este greu de stabilit, ea poate fi eliminată din ecuația de mai sus:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{1}{1/k_d + 1/k_r} A (C - C^*) = K \cdot A (C - C^*) \quad (4.150.)$$

unde K este coeficientul global de transfer la cristalizare.

Principalele metode de cristalizare folosite în practică sunt cristalizarea izohidrică, cristalizarea izotermă, cristalizarea fracționată și cristalizarea prin reacții chimice.

Cristalizarea izohidrică presupune răcirea soluțiilor suprasaturate, cantitatea de dizolvant rămânând constantă. Fenomenul este prezentat în figura 4.25. Soluția inițială nesaturată, caracterizată de punctul $A (T_1, C_1)$, este răcită și ajunge pe curba de solubilitate în punctul $B (T_1', C_1)$ ce caracterizează saturația la temperatura T_1' . Prin răcirea soluției la temperatura T_2 (punctul C) soluția începe să cristalizeze iar concentrația solvitului scade până la concentrația de saturație (punctul D). Prin urmare procesul de cristalizare este reprezentat de linia CD .

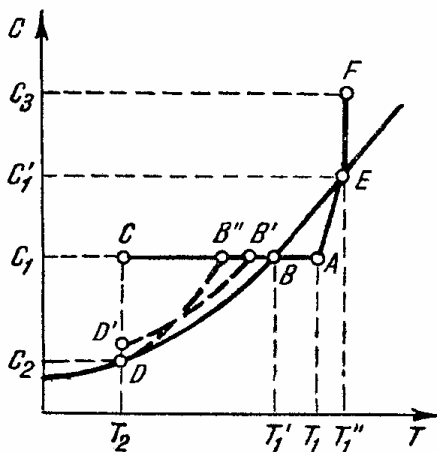


Fig. 4.25. Metode de cristalizare

Cristalizarea prin congelare se realizează prin coborârea temperaturii soluției sub $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ metoda fiind folosită la separarea saramurii naturale din apele sărate.

Cristalizarea prin reacții chimice are la bază unele reacții chimice prin care compușii pot cristaliza, urmând a fi separați din soluție.

Cristalizarea fracționată presupune introducerea unei substanțe în soluție care reduce solubilitatea unei sări, ajungându-se astfel la soluții suprasaturate. Prin variația temperaturii, din soluția suprasaturată cristalizează o anumită substanță prezentă în soluție.

Pentru a putea stabili cantitatea de cristale rezultată în urma procesului de cristalizare, se întocmește bilanțul de materiale, total sau parțial pentru substanța dizolvată.

Bilanțul total de materiale are forma:

$$M_i = M_f + M_{cr} + M_d \quad (4.151.)$$

în care: M_i este cantitatea de soluție inițială;

M_f – cantitatea de soluție finală;

M_{cr} – cantitatea de cristale.

Bilanțul de materiale pentru substanța dizolvată are forma:

$$M_i C_{mi} = M_f C_{mf} + M_{cr} C_{cr} \quad (4.152.)$$

unde: C_{mi} este concentrația sării în soluția inițială, % masă;

C_{mf} – concentrația sării în soluția finală, % masă;

$C_{cr} = M_0 / M_{ch}$ - raportul dintre masele moleculare ale sării anhidre și a cristalohidratului (dacă prin cristalizare rezultă cristale anhidre $C_{cr}=1$).

Cantitatea de cristale rezultată se obține din cele două relații sub forma:

$$M_{cr} = \frac{M_i (C_{mi} - C_{mf}) + M_d C_{mf}}{C_{cr} - C_{mf}} \quad (4.153.)$$

Dacă cristalizarea se realizează prin răcirea soluției, $M_d=0$ și relația de mai sus devine:

$$M_{cr} = \frac{M_i (C_{mi} - C_{mf})}{C_{cr} - C_{mf}} \quad (4.154.)$$

Atunci când odată cu răcirea soluției se îndepărtează și o cantitate de dizolvant, mai întâi se determină cantitatea de dizolvant eliminată și apoi se aplică ecuația bilanțului de materiale prin care se calculează cantitatea de cristale.

Bilanțul termic urmărește stabilirea cantității de căldură ce trebuie introdusă sau eliminată din sistem în timpul procesului de cristalizare.

Sub forma cea mai generală, ecuația bilanțului termic se scrie astfel:

$$M_i c_{pi} T_i + M_{cr} q_{cr} + Q_{inc} = M_f c_{pf} T_f + M_{cr} c_{pcr} T_f + M_d i + Q_r + Q_p \quad (4.155.)$$

în care: q_{cr} este căldura de cristalizare;

Q_{inc} – cantitatea de căldură ce trebuie dată pentru realizarea cristalizării;

i – entalpia vaporilor de dizolvant;

Q_r – cantitatea de căldură preluată de agentul de răcire;

Q_p – cantitatea de căldură pierdută în mediul înconjurător.

În funcție de modul cum se realizează cristalizarea pot fi identificate unele cazuri particulare, prin care ecuația bilanțului termic se simplifică.

Când cristalizarea se face prin răcirea soluției $Q_{inc}=0$. De asemenea, dacă nu are loc evaporarea dizolvantului termenul $M_d i$ poate să lipsească, caz în care se pot neglija și pierderile de căldură în mediul înconjurător. Astfel se determină cantitatea de agent termic necesară răcirii.

Când cristalizarea este izotermă $Q_r=0$ iar din ecuația bilanțului se determină cantitatea de căldură ce trebuie dată pentru realizarea cristalizării.

Când cristalizarea se realizează în vid $Q_{inc}=0$ și $Q_r=0$, din ecuația bilanțului se obține cantitatea de dizolvant care se îndepărtează, iar din relația (4.154.) se calculează cantitatea de cristale rezultată.

4.12. Fluidizarea

Fluidizarea presupune aducerea unui strat pulverulent sau granular într-o stare fluidă. Prin această metodă se pot amesteca și transporta foarte convenabil pulberile, se asigură o suprafață de transfer de căldură și masă mare, între fluid și solid, cu coeficienți de transfer de asemenea mari, o temperatură uniformă a amestecului solid-fluid.

Studiul hidrodinamicii fluidizării se poate face pe o instalație simplă (fig. 4.26.), alcătuită din aparatul cilindric 1, sita 2 pe care se sprijină particulele solide și manometrul cu lichid 3. Prizele tubului manometric sunt legate una la partea inferioară, aproape de sita 2 iar cealaltă la partea superioară a aparatului 1.

Prin stratul de particule se trece un curent de gaz ascendent, în funcție de viteza căruia se obțin anumite fenomene.

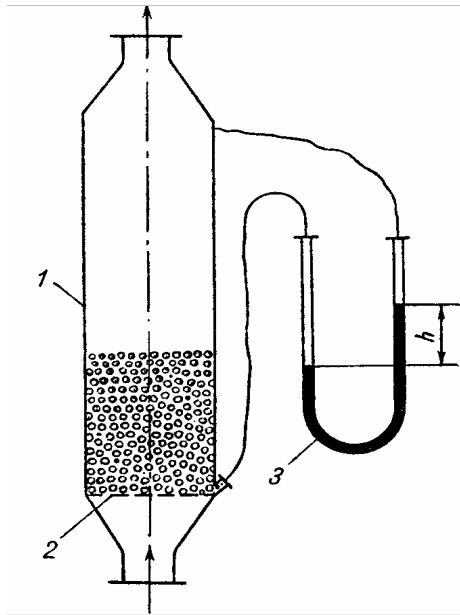


Fig. 4.26. Aparat pentru studiul fluidizării

La viteze mici curentul de gaz curge prin stratul de particule fără a produce mișcarea acestora. Manometrul va înregistra o pierdere de presiune mai mică decât presiunea datorată stratului de material.

La creșterea vitezei stratul de particule rămâne fix, dar crește pierderea de presiune ca efect al frecării gazului de pereții cilindrului și a particulelor. O asemenea stare corespunde începutului fluidizării iar particulele superioare nu se mai sprijină pe cele inferioare, fiind susținute de curentul de gaz.

Creșterea în continuare a vitezei gazului determină o expandare a stratului de particule până când acestea capătă o mișcare în jurul poziției de echilibru. Se produce așezarea particulelor pe principiul rezistenței minime la trecerea gazului. O asemenea fază se numește fluidizare liniștită sau omogenă, particulele fiind învelite de un film de fluid

care micșorează sensibil frecarea dintre particule.

Mărind în continuare viteza gazului se produce o amestecare tot mai intensă a particulelor, gazul străbătând stratul de particule sub formă de bule ce antrenează particule fixe. Mișcarea este asemănătoare fierberii lichidelor.

Creșterea vitezei peste această fază determină antrenarea particulelor de către curentul de gaz, trecând în domeniul transportului pneumatic.

Reprezentarea grafică a căderii de presiune la trecerea gazului prin stratul de particule în funcție de viteza gazului duce la obținerea unor curbe ca în figura 4.27. Astfel, la viteze mici căderea de presiune are o creștere aproximativ liniară, până la o valoare maximă v_m , corespunzătoare începutului fluidizării. O asemenea situație este corespunzătoare curgerii gazului printr-un strat fix. La viteze mai mari de v_m apare o scădere a pierderii de presiune, datorată în

special efectului de rearanjare a stratului la începutul fluidizării.

Pe măsură ce viteza crește în continuare, căderea de presiune se menține aproximativ constantă, crescând la valori mari ale vitezei gazului.

Dacă se parcurge în sens invers al vitezei, de la valori mari la cele mici se constată că la trecerea de la stratul fluidizat la cel fix, căderea de presiune este mai mică (curba 2) față de trecerea de la stratul fix la stratul fluidizat (curba 1).

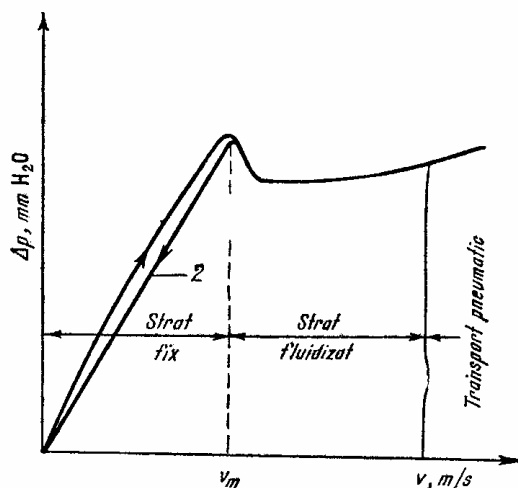


Fig. 4.27. Variația căderii de presiune cu viteza gazului

Situația se poate explica prin faptul că particulele își păstrează poziția pentru a opune o rezistență hidraulică minimă la trecerea gazului.

Viteza minimă de fluidizare corespunde începutului fluidizării, când căderea de presiune are valoarea maximă și se poate determina din figura 4.27. Pentru un strat de particule sferice de același diametru, viteza minimă de fluidizare se determină cu relația:

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (4.156.)$$

În relația de mai sus se calculează criteriul lui Arhimede și apoi criteriul Reynolds a cărui expresie este:

$$Re = \frac{v_m d_p}{\nu_m} \quad (4.157.)$$

Din această relație se poate calcula viteza minimă de fluidizare.

Totodată, aceeași viteză minimă de fluidizare se mai poate determina și cu ajutorul relației:

$$v_m = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\varepsilon^2}{1 - \varepsilon} \psi^2 \frac{d_p^2 \rho_s g}{\eta} \quad (4.158.)$$

în care: ε este fracția de goluri la începutul fluidizării;

ψ – factor de formă;

d_p – diametrul particulelor;

ρ_s – densitatea solidului;

η – vâscozitatea fluidului.

Viteza maximă de fluidizare corespunde începutului antrenării particulelor de către curentul de aer.

Energia consumată pentru realizarea și păstrarea stării fluidizate este cea consumată de gazul care circulă datorită presiunii statice. Pierderea totală de presiune în acest caz va fi:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 \quad (4.159.)$$

în care: Δp_1 este pierderea de presiune datorată frecării dintre fluid și particule;

Δp_2 – pierderea de presiune datorată frecării fluidului cu peretele;

Δp_3 – pierderea de presiune datorată ciocnirilor dintre particule, respectiv dintre particule și peretele aparatului.

În practică s-au obținut o serie de relații de calcul a pierderii totale de presiune, printre care și expresia:

$$\Delta p = 200 \frac{(1 - \varepsilon_v)^2}{\varepsilon_v^3} h_v \frac{v \cdot \eta}{d_p^2 \psi^2} \quad (4.160.)$$

în care: ε_v este fracția de goluri în stratul fluidizat când viteza gazului este v ;

h_v – înălțimea stratului corespunzătoare vitezei v .

Transferul de căldură în stratul fluidizat este foarte intens și de aceea nu există gradienti de temperatură importanți după o direcție sau alta. Pentru dimensionarea aparatelor este necesară stabilirea cantitativă a transferului de căldură între stratul fluidizat și suprafața de schimb de căldură care, se determină cu relația:

$$Q = \alpha \cdot A (T_f - T_p) \quad (4.161.)$$

unde: α este coeficientul individual de transfer de căldură între stratul fluidizat și suprafața de schimb;

T_f – temperatura stratului fluidizat;

T_p – temperatura suprafeței de schimb de căldură.

Coeficientul individual de transfer de căldură depinde de însușirile gazului, de construcția aparatului și de condițiile de lucru, sub aspectul debitului de fluid, înălțimea stratului de particule, concentrația solidului în strat. Cei mai importanți factori sunt diametrul particulei, viteza de fluidizare și natura gazului.

Din studiile și cercetările efectuate, pentru schimbul de căldură prin peretele aparatului, pe baza analizei dimensionale, s-a obținut următoarea ecuație criterială:

$$Nu = 0,5 \left(\frac{d_a}{h} \right)^{0,65} \left(\frac{d_a}{d_p} \right)^{0,17} \left[\frac{\rho_s c_{ps} (1-\varepsilon)}{c_{pg} \rho_g \varepsilon} \right]^{0,25} Re^{0,8} \quad (4.162.)$$

În cazul schimbului de căldură prin suprafețe interioare se folosește ecuația criterială:

$$Nu_p \frac{1}{1-\varepsilon} \left(\frac{\lambda_g}{c_{pg} \rho_g} \right)^{0,43} = 0,033 \cdot C_r Re_p^{0,23} \left(\frac{c_{ps}}{c_{pg}} \right)^{0,8} \left(\frac{\rho_s}{\rho_g} \right)^{0,66} \quad (4.163.)$$

în care: d_a este diametrul aparatului;

h – înălțimea stratului fluidizat;

ρ_g, ρ_s – densitatea gazului, respectiv a solidului;

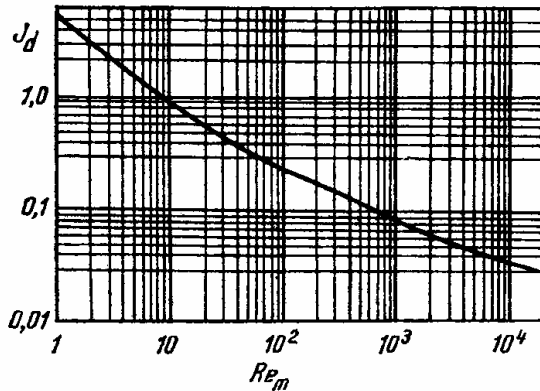
c_{ps}, c_{pg} – căldura specifică a solidului, respectiv a gazului;

λ_g – conductivitatea termică a gazului;

η_g – vâscozitatea gazului;

C_r – factor de corecție;

A – secțiunea aparatului de fluidizare.



Transferul de masă la sistemul gaz-solid a urmărit determinarea coeficienților de transfer de masă și stabilirea influenței principalilor parametri asupra cantității de substanță transferată. O asemenea corelare este cea din figura 4.28 unde este prezentată variația factorului de transfer de masă j_d în raport cu criteriul Reynolds modificat din relația (4.162.), atât pentru stratul fix, cât și pentru cel fluidizat:

Fig. 4.28. Transferul de masă la fluidizare

$$Re_m = \frac{d_p M_m}{A \cdot \eta (1-\varepsilon)} \quad (4.164.)$$

$$j_d = \frac{k}{v_f} (Sc)^{2/3}$$

în care: k este coeficientul de transfer de masă;

v_f - viteza fictivă a gazului;

$Sc = v/D$ – criteriul lui Schmidt (D este coeficientul de difuziune);

v – vâscozitatea cinematică.

Dintre factorii care influențează cel mai mult transferul de masă, cei mai importanți sunt natura gazului fluidizant și diametrul particulelor.

PARTEA A II-A TEHNOLOGII ALIMENTARE

V. INTRODUCERE

Ramură esențială a economiei oricărei țări, industria alimentară asigură prelucrarea materiilor prime rezultate din agricultură cu scopul de a asigura necesarul de consum al populației, atât cantitativ, cât și sub aspectul calității produselor. Din acest punct de vedere ea se caracterizează, prin problemele specifice, ca o industrie extrem de complexă.

O primă problemă specifică industriei alimentare o constituie *natura biologică a materiei prime prelucrate*. Acestea sunt materii prime vegetale și animale și datorită componentelor biochimici sunt foarte labile sub acțiunea factorilor externi și interni, degradându-se rapid. În aceste condiții, este necesară o acțiune promptă pentru încetinirea sau eliminarea acestui dezavantaj prin tratamente și prelucrări specifice.

Producția agricolă este obținută în anumite perioade ale anului (sezonieră) și calitatea ei depinde de tehnologia de cultivare și de creșterea a diferitelor specii din regnul animal, dar mai ales din regnul vegetal. Acest fapt determină o organizare specifică prelucrării lor, cu perioade de activitate intensă și perioade de inactivitate, având efecte asupra costurilor de producție.

Datorită celor două caracteristici de bază ale materiilor prime, sezonalitate și labilitate biologică, acestea trebuie prelucrate în perioade relativ scurte de timp, cu o solicitare la maxim a capacităților de producție și a forței de muncă.

O a doua problemă a industriei alimentare este *sensul complex al noțiunii de calitate*. Dacă pentru unele industrii calitatea se referă la una sau mai multe însușiri de natură fizică sau chimică, bine definite, un produs alimentar trebuie să îndeplinească obligatoriu trei condiții: să fie salubru, să prezinte valoare alimentară și să aibă calități senzoriale.

Produsele și subprodusele rezultate din industria alimentară sunt destinate în special consumului uman și au o acțiune determinantă asupra dezvoltării și a stării de sănătate a organismului. Deoarece rebuturile sunt în general rebuturi totale, în puține situații ele putând fi recuperate și cu costuri foarte mari, pentru a obține produse care să corespundă tuturor exigențelor privind condițiile de calitate și pentru a evita pierderile, este necesară acordarea unei atenții deosebite începând cu recoltarea materiilor prime și până la distribuirea produselor către consumator.

Pentru o mai bună definire a calității unui produs alimentar, pe lângă cele trei condiții obligatorii mai trebuie adăugată și o a patra condiție, respectiv să aibă calitate de prezentare.

Cu toate acestea, inocuitatea unui produs alimentar este cea mai importantă condiție la care acesta trebuie să răspundă, în caz contrar el devine din produs util un pericol pentru consumator, fiind una din principalele surse de îmbolnăviri, în unele cazuri cu efect letal. Transformarea unui produs alimentar în unul dăunător organismului uman are la bază mai multe cauze care se pot clasifica astfel:

- ▶ infecții alimentare ce se pot răspândi prin contact
 - *sursa de infecție animalele* → bruceloză, tuberculoză, antrax, trichinoză, febra aftoasă, etc.;
 - *sursa de infecție omul* → dizenterie bacteriană sau ameobică, hepatită infecțioasă, poliomielită, helmintioze;
- ▶ toxicoze alimentare
 - *de natură microbiană, cu multiplicare prealabilă a agentului în produsul alimentar* → toxiinfecții produse de microorganisme precum salmoneloze, bacilul dizenteriei, bacterii intestinale, streptococi, intoxicații cu toxine stafilococice și micotxine;
 - *de natură nemicrobiană* → substanțe toxice ca efecte ale poluării materiilor prime (pesticide, substanțe toxice din tratamentele fitosanitare, antibiotice și hormoni de creștere la animale, radionucleotizi, metale grele și substanțe cancerigene ca efecte ale poluării apei

solului și aerului), substanțe toxice datorate procesului tehnologic de fabricație precum antiseptici, coloranți, substanțe toxice formate prin prelucrări termice, toxicoze datorate unor alimente convențional comestibile precum unele leguminoase crude sau cartofi încolțiți, toxicoze datorate unor produse necomestibile precum ciuperci otrăvitoare, glande suprarenale, pancreas.

O a treia problemă a industriei alimentare o reprezintă *diversitatea*, determinată pe de o parte de materia primă supusă prelucrării, iar pe de altă parte de procedeele de prelucrare și gama de produse rezultate.

Diversitatea materiei prime solicită aplicarea unor procedee de prelucrare mecanice (măcinare, divizare, cernere), fizice (congelare, pasteurizare, sterilizare, distilare), fizico-chimice și biochimice (fermentare, prelucrare enzimatică), cu ajutorul radiațiilor (infraroșii, ultraviolete, ionizante), cu ajutorul ultrasunetelor, etc.

Diversitatea procedeelelor de prelucrare a dus la obținerea unui număr foarte mare de produse alimentare, pentru fiecare din acestea fiind folosită o tehnologie adecvată. De exemplu, porumbul, ca materie primă, se regăsește în circa 200 de produse, pentru fiecare aplicându-se o tehnologie specifică.

Creșterea demografică, dezvoltarea societății umane și emanciparea ei a determinat o dezvoltare continuă a industriei alimentare sub aspectul cantitativ și calitativ. Aplicarea rezultatelor cercetării științifice în producția alimentară a dus la utilizarea pe scară tot mai largă a procedeelelor de prelucrare biochimice și microbiologice, cu consecințe favorabile asupra calității produselor alimentare. Perfecționarea continuă a tehnologiilor de fabricație a avut ca și consecință directă diversificarea utilajelor și echipamentelor de lucru, ridicarea nivelului tehnic al personalului de deservire și un control mai bun al proceselor prin automatizarea acestora.

Industria alimentară cuprinde un număr mare de subramuri, diferențiate, în funcție de materia primă folosită, procedeele de prelucrare utilizate și produsele obținute. Ținând cont de aceste lucruri, principalul criteriu de clasificare, dar care nu poate face o delimitare netă, este caracterul procesului tehnologic, în raport cu care se poate face următoarea clasificare:

- tehnologii de prelucrare a materiilor prime cu menținerea caracterului de produs netransformat (condiționarea legumelor și fructelor, colectarea și condiționarea laptelui de consum, condiționarea cerealelor, tehnologia de abator a cărnii);
- tehnologii de obținere a produselor alimentare prin procedee fizico-chimice (industria zahărului, a uleiurilor vegetale, morărit și produse făinoase, amidon, dextrină, glucoză, industria băuturilor nealcoolice și a apelor minerale);
- tehnologii de obținere a produselor alimentare prin conservare (industria conservelelor de legume și fructe, conserve din carne, lapte și pește);
- tehnologii de obținere a produselor alimentare prin procedee biotehnologice (industria vinului, a berii, spiritului, tutunului, industria produselor de panificație, brânzeturi și produse lactate fermentate, etc).

O clasificare riguroasă nu este posibilă astăzi deoarece majoritatea subramurilor folosesc în timpul fabricației metode fizico-chimice și biotehnologice, iar în ultimul timp și metode de prelucrare enzimatică.

Tehnologia alimentară este un ansamblu de procese și operații având ca scop obținerea unor produse alimentare și după felul în care acționează asupra materiilor prime se pot încadra în mai multe categorii.

1. *Tehnologii de păstrare a valorii de întrebuințare a materiilor prime* și care au ca scop mărirea fiabilității, dotări primare cu nutrienți, energenți și stimuli senzoriali, care se doresc a fi transferate produsului alimentar.

Asemenea tehnologii sunt de natură temporală și în foarte puține situații de natură calitativă, intervenind procese care amplifică însușirile inițiale ale produsului alimentar.

2. *Tehnologii analitice*, care acționează asupra materiilor cu structuri complexe și ale căror componente sunt doar parțial utile consumului uman, sau se pot valorifica distinct în urma separării prin procedee specifice. Aici se pot distinge următoarele tehnologii:

- ▶ tehnologii extractive, care realizează separarea componentelor materiilor prime după anumite criterii de utilitate, cu prelucrări ulterioare sau pentru consumatori;
- ▶ tehnologii de transformare a materiilor prime și materialelor, care realizează, prin procedee fizice, chimice, biochimice, structuri mai favorabile consumului uman; calitatea acestor alimente se datorează pe de o parte caracteristicilor tehnologice ale materiilor prime, iar pe de altă parte performanțelor conferite de către tehnologiile de prelucrare folosite, în raport cu cerințele ce trebuie satisfăcute de către noile structuri alimentare sau proalimentare;
- ▶ tehnologii de rafinare, care măresc concentrația în componente utile ale produselor alimentare, îndepărtează impurități și alte elemente nedorite, îmbunătățind structura produsului;
- ▶ tehnologii pentru alimente complexe, care asociază materiile prime și materialele având ca scop obținerea unor structuri alimentare și proalimentare superioare față de cererea de consum; valoarea alimentară a noilor produse constituie o sumă a utilității materialelor componente, amplificate ca urmare a unor structuri mai bune pentru consum, precum și efectelor sinergice ce decurg din acțiunea lor comună.

5.1. Procese tehnologice și operații unitare

Prelucrarea materiilor prime și transformarea lor în semifabricate sau produse finite se realizează printr-o succesiune de operații de natură mecanică, fizică, chimică, biochimică sau combinată.

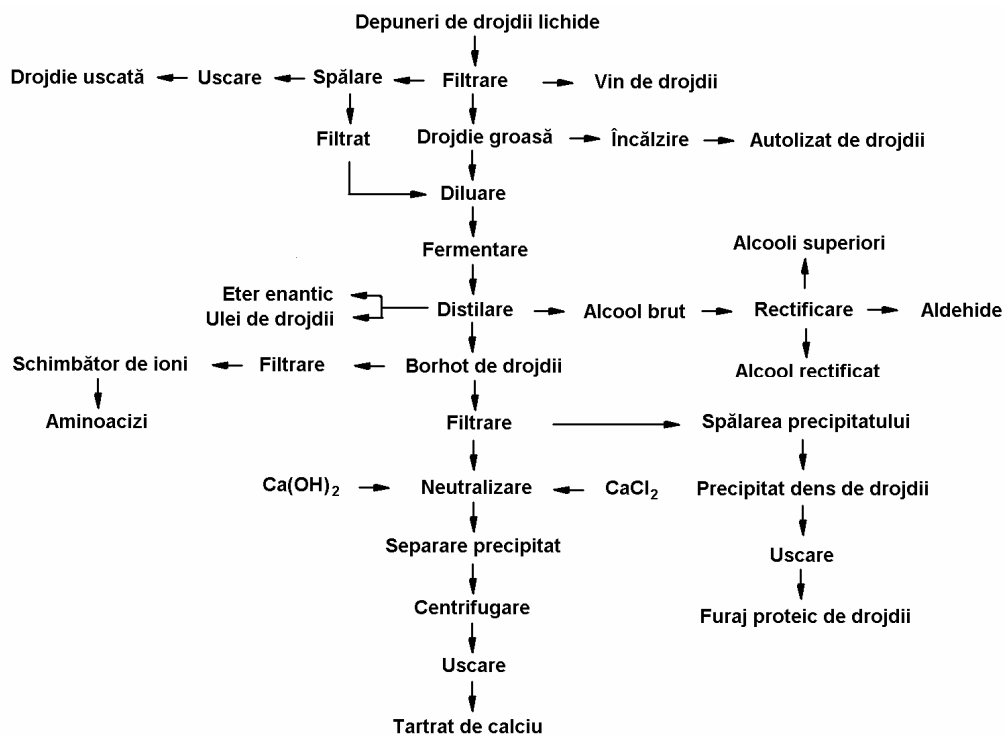


Fig. 5.1. Schema tehnologică de prelucrare complexă a precipitatelor de drojdie

Ansamblul ordonat al operațiilor prin care se realizează fabricarea unui produs alimentar se numește proces tehnologic și reprezintă o succesiune de fenomene, stări și transformări care duc la obținerea aceluși produs.

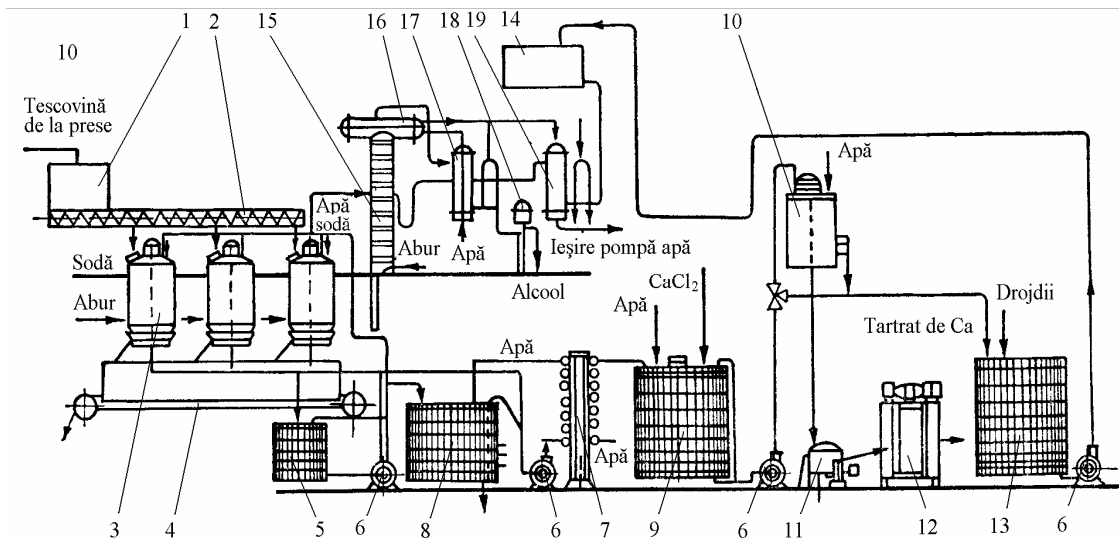


Fig.5.2. Schema liniei tehnologice de prelucrare a tescovinei: 1- buncăr intermediar; 2- melc distribuitor; 3- cazane fierbere; 4- transportor; 5- rezervor soluție sodă; 6- pompă soluție sodă; 7- schimbător de căldură; 8- colector limpezire; 9- neutralizator; 10- bazin de presiune; 11- centrifugă; 12- uscător; 13- cadă fermentare; 14- cazan de presiune; 15- coloană distilare; 16- deflegmator; 17- refrigerent; 18- felinar; 19- preîncălzitor.

Dacă se reprezintă grafic acea succesiune de operații din cadrul procesului tehnologic, în care se evidențiază materiile prime, materiale sau semifabricatele ce intră în proces, produsele finite, subprodusele, deșeurile sau reziduurile rezultate, se obține schema procesului de fabricație sau schema bloc a procesului tehnologic. În figura 5.1 este prezentată schema procesului de prelucrare complexă a precipitatului de drojdie rezultat la vinificație.

Schema liniei tehnologice (fig. 5.2) este realizată prin înlocuirea operațiilor cu schema convențională sau simplificată a utilajelor ce execută acele operații, cu sensul de circulație a fluxurilor de materiale reprezentat prin linii sau săgeți. În unele cazuri, pe schema tehnologică sau schema liniei tehnologice de fabricație se pot prezenta și unii parametri de lucru gen presiune, temperatură, concentrație, debit, etc.

Într-un proces tehnologic de fabricație, în afara materiilor prime, la nivelul operațiilor pot intra și alte materiale supuse unor operații pregătitoare, agent termic, ambalaje, etc. De asemenea, la unele operații pot rezulta materiale și subproduse utile sau deșeurile și care pot fi utilizate în alte sectoare de activitate, ori sunt trimise către instalațiile de prelucrare a reziduurilor. Pregătirea materialelor ce intră în procesul tehnologic de bază și condiționarea materialelor ce rezultă, altele decât cele de bază, formează procese tehnologice auxiliare și îl deservesc pe acesta.

Transformarea materiilor prime în semifabricate și produse finite se realizează printr-o succesiune de operații, ca și etape distincte. O analiză simplă conduce la concluzia că orice proces tehnologic se poate descompune în operații distincte sau unitare, de natură fizică, chimică, mecanică, biochimică, la care se adaugă unele operații auxiliare.

Operațiile unitare se execută cu ajutorul unor utilaje și care realizează aceleași funcții, fără a depinde de procesul tehnologic sau faza tehnologică. O clasificare a operațiilor se poate face după cum urmează:

- după natura lor

- operații fizice

- fără schimb de căldură: mărunțire, cernere, separare, sortare, amestecare;

- cu schimb de căldură: încălzire, răcire, evaporare, condensare, sterilizare, pasteurizare, afumare;

→ cu schimb de substanță: uscare, distilare, rectificare, extracție, cristalizare, sublimare, fluidizare;

- operații chimice și biochimice → acidulare, neutralizare, fermentare, maturare, învechire;
- operații mecanice → depozitare, transportul operațional, măsurare, dozare;
- după felul cum acționează asupra materiilor prime și materialelor:
 - operații cu schimbarea stării fizice → solidificare, topire, vaporizare, condensare;
 - operații de amestecare și aglomerare → malaxare, amestecare, presare, brichetare;
 - operații de separare și divizare → filtrare, decantare, cernere, sedimentare, centrifugare, tăiere, măcinare ;
 - operații chimice și biochimice → neutralizare, acidulare, maturare, fermentare, învechire ;
 - operații auxiliare → transport solide, pompare lichide, depozitare, dozare, măsurare.

Cunoașterea și înțelegerea unui proces tehnologic se poate realiza prin studierea operațiilor unitare ce compun acel proces. Acest lucru presupune cunoașterea materialelor și a energiilor ce participă la obținerea unui produs sau a unui semifabricat, elemente care sunt puse în evidență de către bilanțurile de materiale, energetice și termice.

5.2. Bilanț de materiale, energetic și termic

Procesele tehnologice din industria alimentară se pot desfășura în mod continuu sau discontinuu.

În primul caz alimentarea instalației sau utilajului cu materii prime și utilități este continuă și uniformă, ca de altfel și fabricarea produselor, eventualele întreruperi accidentale cauzate de defecțiuni minore neafectând caracterul continuu al procesului. Caracteristicile acestui tip de operație sau proces sunt debitele de alimentare, cantitatea de materiale aflate în utilaj sau instalație în procesul de prelucrare și timpul de fabricație sau durata prelucrării.

În cazul în care procesul sau operația are caracter discontinuu, alimentarea utilajului sau a instalației se face periodic, cu cantități bine definite de materii prime și utilități, denumite șarje. Caracteristicile acestei operații sau proces sunt mărimea unei șarje, durata sau timpul de prelucrare a unei șarje, numărul zilnic de șarje.

Pentru a putea aprecia gradul de valorificare a utilităților în scop alimentar a materiilor prime și materialelor, se folosesc bilanțurile cantitative, consumuri specifice și randamente, analiza fiind realizată atât pentru componentele materiale, cât și pentru cele energetice sau termice.

Bilanțul de materiale reprezintă o analiză sintetică a modificărilor cantitative înregistrate de către materiile prime și materialele supuse prelucrării, fiind definit de către principiul conservării materiei:

$$\sum M_i + \sum M_e = \sum M'_e + \sum M_r + \sum M_p \quad (5.1)$$

unde M_i reprezintă cantitatea de materiale intrate; M_e – cantitatea de materiale existente; M'_e – cantitatea de materiale ieșite; M_r – cantitatea de materiale rămase; M_p – cantitatea de materiale pierdute.

Relația 5.1 este forma generală a unui bilanț de materiale și care definește o operație, un utilaj sau un proces tehnologic. Mărimile care intervin în această relație se exprimă în unități de masă pentru operații sau procese discontinue, respectiv în debite masice pentru operații și procese continue.

Bilanțurile de materiale pot fi totale, globale sau generale, când se referă la întregul proces tehnologic și ține cont de toate materiile prime, materiale și utilități ce intervin pe întreaga

instalație, respectiv parțiale, când se referă la un component sau un grup de componente din instalație, o parte din instalație, un utilaj sau o parte a acestuia.

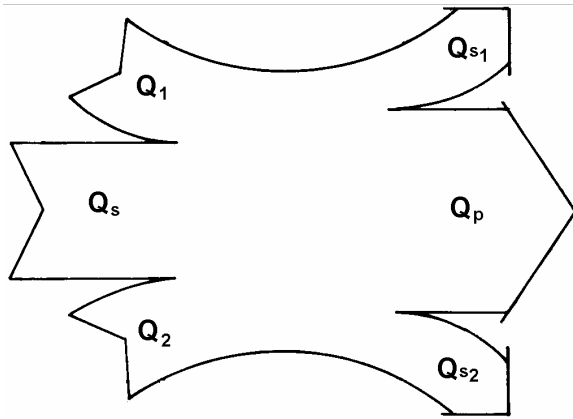


Fig. 5.3. Graficul circulației materialelor

Bilanțurile se pot întocmi sub formă tabelară sau grafice cu circulația materialelor (diagrama Sankey). O imagine mai sugestivă asupra circulației materialelor o oferă reprezentarea grafică a bilanțului (fig. 5.3), în care Q_s este cantitatea sau debitul de material ce intră în proces; Q_b, Q_2 – cantitățile sau debitele de materiale și utilități ce intră în proces; Q_p – cantitatea sau debitul de produse rezultate din proces; Q_{s1}, Q_{s2} – cantitățile sau debitele de produse secundare sau deșeurile ieșite din proces.

Urmărirea atentă a bilanțului de materiale al unui utilaj sau instalație poate scoate în evidență pierderile de materiale și ajută la stabilirea consumurilor

specifice și a randamentelor de fabricație.

Consumul specific reprezintă cantitatea de materii prime și/sau de materiale necesare pentru realizarea unei unități de produs. În general, consumurile specifice se stabilesc pentru întreaga linie de fabricație, se referă la un singur material sau un grup de materiale având aceeași structură ori proveniență sau la utilități, unitățile de măsură fiind cele gravimetrice (kg/kg, t/t).

Randamentul unui utilaj sau instalație indică efectul obținut, adică produse sau utilități alimentare rezultate în urma prelucrării unei unități de materie primă și/sau de material, mărimea acestuia caracterizând calitatea tehnologiei utilizate. Randamentul se exprimă în t/t când se referă la cantități, respectiv în lei/t când se referă la rezultate valorice sau utilități.

Bilanțul energetic are ca scop urmărirea energiilor care intervin într-un proces tehnologic și ajută la stabilirea randamentelor energetice, fiind o expresie a principiului conservării energiei:

$$\sum E_0 + \sum E_i = \sum E_e + \sum E_r + \sum E_p \quad (5.2)$$

în care E_0 sunt energiile existente în sistem la momentul inițial; E_i – energii intrate în sistem; E_e – energii ieșite din sistem; E_r – energii rămase în sistem; E_p – energii pierdute în sistem.

Bilanțul energetic se întocmește pentru o unitate de timp în cazul proceselor continue și pe un interval de timp determinat pentru procesele discontinue. De asemenea, bilanțul energetic poate fi total, când se referă la întreaga instalație sau parțial, când se referă la un utilaj sau o parte a instalației.

În cadrul bilanțului energetic intervin mai multe tipuri de energii precum energie mecanică (potențială sau cinetică), energie de presiune sau lucru mecanic exterior, energie internă, energie calorică, energie magnetică, etc. Având în vedere aceste energii și modul dificil de cunatificat sau ponderea redusă a unora dintre ele, în industria alimentară se folosește cu precădere un bilanț simplificat, prin neglijarea unor energii mai puțin semnificative.

Bilanțul termic este o formă particulară a bilanțului energetic și pentru care trebuie specificate următoarele: sistemul pentru care se face bilanțul, intervalul de timp pentru care se întocmește acesta, debitele sau cantitățile de materiale ce intervin în sistem, tipurile de transformări ce au loc în sistem, cantitatea și compoziția materialelor ce intervin în proces.

$$\sum Q_0 + \sum Q_i = \sum Q_e + \sum Q_r + \sum Q_p \quad (5.3)$$

În relația 5.3 au fost înlocuite energiile cu cantitățile de căldură ce intră în sistem, cantitățile de căldură ce ies din sistem, cantitățile de căldură existente și rămase în sistem, respectiv pierderile de căldură.

Diversitatea tehnologiilor din industria alimentară impune o analiză riguroasă a condițiilor în care se realizează schimbul de căldură într-o fază sau alta, astfel că ecuația generală a bilanțului termic trebuie particularizată pentru fiecare caz în parte.

Într-un sistem pot interveni călduri sensibile, călduri latente, călduri transmise prin conducție, convecție, radiație sau combinat, călduri provenite dintr-o variație a energiei interne într-o reacție chimică, călduri provenite din transformarea altor tipuri de energii. Dacă se ține cont de raportul dintre suma căldurilor intrate și ieșite, regula generală care se aplică la calculul aportului de căldură în procese este:

- dacă suma cantităților de căldură intrate este mai mică decât suma cantităților de căldură ieșite, atunci intervine un proces de încălzire;
- dacă suma cantităților de căldură intrate este mai mare decât suma cantităților de căldură ieșite, atunci intervine un proces de răcire.

Materiile prime din industria alimentară suferă în mod frecvent transformări care, necesită utilizarea unor procedee termice specifice, având ca obiectiv distrugerea formelor vegetative ale microorganismelor din materia primă (pasteurizarea, sterilizarea), încetinirea dezvoltării microorganismelor (refrigerarea, congelarea), separarea unor componente (uscarea, distilare, concentrare), crearea condițiilor care să faciliteze efectuarea unor transformări cu ajutorul microorganismelor (fermentare) sau a unor operații cu caracter fizico-chimic (cristalizarea).

5.3. Materii prime și materiale utilizate în industria alimentară

Valoarea alimentară a unui produs alimentar este reprezentată de calitatea lui de a răspunde cerințelor organismului uman, fiind exprimată prin numărul de calorii și cantități de trofine (protide, glucide, lipide, vitamine, etc.).

Fiind principala sursă de energie și substanțe nutritive indispensabile activității de zi cu zi, materiile prime folosite în industria alimentară trebuie bine analizate sub aspectul structurii externe și interne, a caracteristicilor fizice, a compoziției chimice, foarte importante pentru definirea valorii alimentare, dar și în alegerea acelor procedee tehnologice care să conserve sau să-i crească această valoare.

Cu toată diversitatea lor, prin compoziția chimică materiile prime au câteva caracteristici comune. Astfel, de cele mai multe ori apa este principalul element component, urmată de compuși organici precum glucide, lipide, protide, vitamine și săruri minerale.

În materiile prime alimentare apa se găsește legată sub mai multe forme: *fizic*, când este reținută mecanic în capilare, *osmotic*, când este reținută prin intermediul forțelor osmotice, *de adsorbție*, când este reținută pe suprafața particulelor coloidale de către forțe moleculare sau electrostatice și *chimic*, sub formă de apă de cristalizare și apă de constituție.

Glucidele sunt substanțe organice alcătuite din carbon, hidrogen și oxigen, constituind principala sursă de material energetic pentru organism (cca. 60 % din necesar). Asigurate în cantități suficiente glucidele evită utilizarea proteinelor în scop energetic, favorizând metabolismul proteic.

Din punct de vedere chimic, glucidele se clasifică în raport cu modul cum se comportă la hidroliză și structura moleculară astfel:

- monoglucide (oze)
 - aldoze (trioze, tetroze, pentoze, hexoze);
 - cetoze (trioze, tetroze, pentoze, hexoze);
- ozide
 - heterozide;
 - holozide:
 - oligoglucide (diglucide, triglucide);
 - poliglucide (omogene, complexe).

Ozidele sunt substanțe complexe care, în funcție de compoziții formați prin hidroliză, se împart în holozide (din hidroliza lor rezultă numai oze) și heterozide (din hidroliza lor rezultă o componentă glucidică și una neglucidică).

Din punct de vedere nutrițional glucidele pot fi metabolizate, reprezentate de ozele înseși și ozidele care hidrolizează în procesul de digestie, respectiv nemetabolizate, reprezentate de un ansamblu de poliglucide nedigerabile.

Hexozele sunt cele mai răspândite și cele mai importante glucide din alimente. Ele se regăsesc în stare liberă și/sau condensată, fiind substanțele de bază pentru sinteza oligoglucidelor, cele mai reprezentative fiind glucoza, fructoza și galactoza.

Glucoza sau dextroza este utilizată de către organism atât în stare liberă (în fructe, miere de albină), cât și sub formă condensată (zahăr și produse din cereale). Fermentează ușor, reprezentând substratul atacat de către microorganismele atât în fermentațiile cu rol tehnologic (producerea vinurilor, a berii, a produselor lactate acide, a spirtului), cât și în alterările de tip fermentativ ale alimentelor bogate în glucide.

Fructoza sau levuloza se găsește în stare liberă alături de glucoză, iar sub formă combinată în componența zaharozei și a unor poliglucide. Este de 1,73 ori mai dulce decât zahărul și cu toate că are aceiași valoare energetică precum glucoza, este mai greu absorbită.

Galactoza este prezentă numai sub formă de combinații ca diglucide în lapte și poliglucide în substanțele pectice.

Din categoria oligoglucidelor cea mai mare importanță o au diglucidele, reprezentate în special de zaharoză, maltoză și lactoză.

Zaharoza în stare naturală este prezentă în cantități mici în fructe și legume, contribuind la formarea gustului lor dulce. Cea mai importantă sursă de zaharoză pentru industria alimentară o reprezintă zahărul (99,8 % zaharoză pură), ca un produs de înaltă rafinare. Sub această formă zaharoza reprezintă încă principala substanță de îndulcire din alimente. Fiind și ușor solubilă în apă, zaharoza este substanța etalon în aprecierea puterii de îndulcire a celorlalte glucide.

Prin topire și degradare termică parțială a zaharozei la 180-200 °C se formează caramelul (operația se numește caramelizare), iar prin hidroliză în mediul acid se formează un amestec echimolecular între glucoză și fructoză, obținându-se zahărul invertit (operația se numește invertire).

Maltoza este formată din două molecule de glucoză, unite între ele prin legătura 1-4 monocarbonilică, și este cea care stă la baza structurii moleculei de amidon, fiind întâlnită la plante, ori de câte ori are loc o degradare parțială a amidonului.

Maltoza este prezentă în malțul de orz (orz încolțit) și acest lucru determină utilizarea lui ca materie primă la fabricarea berii. Hidroliza maltozei se realizează pe cale enzimatică, ca de altfel și prin procesul de digestie al produselor bogate în amidon.

Lactoza sau zahărul specific laptelui, este alcătuit dintr-o moleculă de glucoză și una de galactoză, dar care fermentează mai greu. Lactoza constituie substratul pentru bacteriile lactice de cultură, care intervin în procesul de fermentație lactică și propionică, specifice produselor lactate acide și unor brânzeturi.

Poliglucidele omogene sunt substanțe macromoleculare rezultate prin policondensarea unui număr mare de molecule identice, unite prin legături glicozidice. Au rolul de substanțe de rezervă sau de susținere, ponderea cea mai mare fiind reprezentată de glucani sub formă de amidon, glicogen și celuloză.

Amidonul este cea mai importantă substanță de rezervă din regnul vegetal și se găsește sub formă de granule, de formă și dimensiuni specifice speciei. Din punct de vedere chimic este alcătuit din două componente poliglucide: amiloza, cu grad mic de polimerizare și ca unitate structurală maltoza, respectiv amilopectina, cu grad mare de polimerizare, iar ca unitate structurală maltoza și izomaltoza.

În amestec cu apa rece amidonul formează suspensii. Prin încălzire la 60 °C granulele absorb apa și dacă încălzirea continuă, granulele se sparg formând dispersii moleculare cu consistență tot mai vâscoasă și care prin răcire formează geluri omogene, translucide.

Temperatura de gelatinizare depinde de specia de proveniență a amidonului și este cuprinsă între 65-80 °C.

Amidonul ca atare nu este fermentescibil, ci numai după hidroliza sa, care poate fi totală sau parțială. Hidroliza parțială se face pe cale enzimatică sub acțiunea α și β -amilazei din cereale, rezultând în final aproximativ 80 % maltoză și 20 % dextrine (macromolecule cu masă moleculară mică), ca produși intermediari de hidroliză.

Dextrinele se pot forma și prin încălzirea uscată a amidonului la 150-160 °C, procedeu utilizat la obținerea de sosuri brune.

Glicogenul este singura glucidă din regnul animal cu rol de substanță de rezervă și se găsește în special în ficat (cca. 20 %) și în mușchi, unde are un rol important în procesul de maturare a cărnii. Structural, glicogenul este asemănător amilopectinei, dar are un grad de ramificare mai mare. Este solubil în apă cu care formează soluții coloidale ce nu gelifică.

Celuloza este cel mai important poliglucid scheletal, fiind un component de bază în compoziția membranelor celulare și a țesuturilor de susținere. Este prezentă în legume, fructe, cereale în procent de 1-2 % și poate ajunge la 4-9 % la leguminoasele uscate.

Organizarea structurală de tip diglucid celobioză, conferă celulozei elasticitate și rezistență mecanică mare. Din cauza lipsei enzimelor celulază și celobiază, ea nu poate fi hidrolizată de aparatul digestiv și prin urmare metabolizată. Fără importanță energetică, dar componentă a „fibrelor alimentare”, celuloza îndeplinește un rol fiziologic esențial și care se manifestă prin eliminarea substanțelor toxice, pe care le absoarbe odată cu apa mărindu-și considerabil volumul, scăderea duratei de staționare a deșeurilor și toxinelor în colon, crearea unui mediu favorabil dezvoltării microflorei specifice intestinale, capabile să sintetizeze unele vitamine.

Poliglucidele neomogene sunt substanțe moleculare formate prin condensarea unor monoglucide diferite sau derivați ai acestora. Cele mai reprezentative pentru industria alimentară sunt hemicelulozele, substanțele pectice și heterozidele.

Hemicelulozele au o structură complexă fiind alcătuite din pentoze, hexoze și acid galacturonic, însoțind celuloza în țesuturile vegetale. Prin procentul ridicat de cca. 60 % sunt componentele dominante ale fibrelor alimentare cu rol de detoxifiere a organismului.

Substanțele pectice îndeplinesc un rol important în sudura țesuturilor celulozice, precum și în reglarea permeabilității celulare. Ca structură sunt formate din acizi pectici, xilani, arabani și substanțe neglucidice precum alcool metilic și acid acetic. Se regăsesc în cantități mari în fructe (gutui, mere, coacăze, stratul alb al coji la citrice, struguri), dar și la sfeclă și morcov.

Substanțele pectice se pot clasifica după compoziție și solubilitatea în apă astfel:

- protopectine → sunt caracteristice țesuturilor tinere și nu solubilizează în apă; au însă un rol important în asigurarea consistenței legumelor și a fructelor crude, dar care, pe măsură ce acestea se maturează, se transformă în pectine;

- pectine → sunt specifice legumelor și fructelor maturate, solubilizează în apă și au structura unor lanțuri de acid galacturonic, cu grupări acide esterificate parțial cu alcool metilic;

- acizi pectici + → sunt pectine demetoxilate și solubilizează în apă.

Heterozidele sunt structuri complexe și acțiuni fiziologice variate, cele mai cunoscute și de interes pentru industria alimentară fiind cele antocianice, care imprimă culoarea specifică la strugurii roșii, afine și mure.

Sunt însă și produse care pot conține heterozide toxice precum cele cianogenice din migdale și sămburi de caise, saponinele din unele leguminoase și solanina din cartofii încolțiți.

Lipidele sunt, din punct de vedere chimic, esteri ai acizilor grași saturați sau nesaturați cu alcoolii, structura lor determinându-le a fi insolubile în apă dar solubile în solvenți organici. Compuși organici indispensabili organismului uman, se regăsesc în aproape toate alimentele de origine vegetală, dar cu precădere la materiile prime oleaginoase și produsele de origine animală (tabelul 5.1).

În funcție de structura chimică, lipidele se pot clasifica astfel:

- simple (gliceride, ceride, steride);

- complexe (fosfatide);
- derivate.

Tabelul 5.1. Conținutul în lipide al unor produse alimentare și fructe

Produsul alimentar	Lipide, %	Fructul	Lipide, %
Ulei, untură, seu	100	Palmier	35-55
Unt, margarină	65-82	Nucă de cocos	34-36
Slănină	70-75	Măsline	20-35
Smântână	20-35	Avogado	16-34
Brânzeturi grase	20-30	Laur	24-55
Carne de porc, oaie, rață, găscă	10-30	Alune	40-60
Carne de vită, găină, curcan	5-25	Miez de nucă	40-70
Pește gras (somon, morun, nisetru)	10-20	Miez de migdale	32-64
Mezeluri	20-40	Arahide	40-45
Ciocolată, halva	20-35		

Tabelul 5.2. Caracteristicile acizilor grași saturați

Denumirea acidului	Densitatea (g/cm ³) la temperatura (°C)	Punctul de topire (°C)	Produsul alimentar
Arahic	0,824/100 °C	+75,3	ulei de pește, arahide
Butiric	0,964/20 °C	-7,9	lapte, smântână, unt
Caprilic	0,910/20 °C	+16,3	lapte, smântână, unt
Caprinic	0,852/80 °C	+31,3	lapte, smântână, unt
Capronic	0,922/20 °C	-3,2	lapte, smântână, unt
Lauric	0,848/80 °C	+43,5	uleiri, unt
Miristic	0,844/80 °C	+51,4	seu
Palmitic	0,841/80 °C	+62,4	toate grăsimile
Stearic	0,839/80 °C	+69,4	untură, seu

Acizii grași care intră cel mai frecvent în structura lipidelor din produsele alimentare sunt acizi grași nesaturați, acizi grași saturați și acizi grași esențiali (AEG).

Acizii grași saturați sunt cei mai răspândiți în natură, se împart în funcție de structură în inferiori și superiori, având caracteristicile din tabelul 5.2.

Acizii grași nesaturați se împart, după numărul legăturilor duble din moleculă, în monoenici și polienici sau polinesaturați. Cei mai importanți acizi grași nesaturați din produsele alimentare sunt prezentați în tabelul 5.3. Prin metabolism, organismul uman poate sintetiza acizii grași saturați și acidul oleic, dar nu și pe cei polinesaturați.

Acizii grași esențiali nu pot fi sintetizați de către organismul uman, dar au un rol biologic deosebit și ca urmare, ei trebuie primiți din rația alimentară zilnică. Dintre aceștia un rol aparte revine acidului linoleic, linolenic și arahidonic.

Tabelul 5.3. Caracteristicile acizilor grași nesaturați

Denumirea acidului	Punctul de topire, °C	Produsul alimentar
Arahidonic	-	ulei de pește, măduvă, creier
Clupanodonic	-	ulei de pește
Erucic	24-33	ulei de rapiță
Linoleic	24	uleiuri vegetale și grăsimi de depunere
Linolenic	11	uleiuri vegetale
Oleic	13-16	toate uleiurile vegetale și grăsimile animale

Acidul linoleic este prezent în uleiurile vegetale, în cantități suficient de mari și este folosit de organism, pe de o parte pentru producerea de energie, iar pe de altă parte trece în acid arahidonic și contribuie la formarea membranelor celulare și la sinteza prostaglandinelor.

Prostaglandinele sunt substanțe biologice cu rol activ în controlul activității nervoase, cardiace, a funcțiilor aparatului genital și în multiplicarea celulară.

Tabelul 5.4. Conținutul în acizi grași esențiali al unor produse alimentare

Produsul alimentar	Acizi grași esențiali, %
Lapte de vacă	0,05-0,23
Margarină	2,0-5,1
Ulei de arahide	13-27
Ulei de floarea soarelui	52-54
Ulei de germeni de porumb	6,5-7,0
Ulei de măsline	4,0-13,7
Ulei de soia	56-63
Unt	1,9-4,1
Untură din germeni de porumb	44-52
Untură de porc	5,0-11,1

Acidul linolenic are o activitate biologică mai redusă, grad ridicat de oxidabilitate și se regăsește în majoritatea uleiurilor vegetale.

Acidul arahidonic poate fi sintetizat de către organism din acid linoleic și este cel mai activ, dacă prin rația alimentară este asigurat în cantități suficiente. Ca atare se găsește în cantități mici numai în grăsimi animale (0,25 % în seu, 0,6 % în grăsimea de porc și pasăre).

Pentru a asigura necesarul zilnic de acizi grași esențiali (între 3-7 g), rația alimentară trebuie să conțină minim 1/3 lipide vegetale (tabelul 5.4), ca și principală sursă de substanțe indispensabile funcționării normale a organismului.

Gliceridele sunt grăsimile propriu-zise din țesutul adipos al animalelor, omului, precum și din semințele și fructele oleaginoase. Sunt esteri naturali ai glicerolului cu acizi grași și după numărul grupărilor de OH sunt monogliceride, digliceride și trigliceride, iar în funcție de natura și proporția acizilor grași din molecula lor sunt gliceride lichide (uleiuri vegetale și ulei de pește) și gliceride solide (margarină, seu).

Gliceridele lichide, care au în structura lor acizi grași nesaturați, prin adiționarea de hidrogen la legăturile duble (hidrogenare) trec în acizi grași superiori care sunt în stare solidă. Această proprietate a lor stă la baza obținerii grăsimilor vegetale solide și a margarinei.

Principala problemă a gliceridelor o constituie procesul de râncezire. Proces biologic complex de degradare, cuprinde hidroliza și oxidarea lor în prezența oxigenului atmosferic, a luminii, a temperaturilor ridicate și a vaporilor de apă, cu formarea mai ales a poroxizilor și a hidroperoxizilor, substanțe instabile și care dau naștere la alcooli, aldehide și hidroxiacizi cu gust și miros neplăcut. Procesul de râncezire este cu atât mai rapid cu cât este mai mare gradul de nesaturare al gliceridelor.

Ceridele servesc ca strat de protecție a suprafeței organismelor vegetale (ceara de pe fructe și legume, lanolina de pe lâna de oaie), iar din punct de vedere structural sunt esteri ai acizilor grași superiori cu alcooli hidroxilici superiori. Sunt insolubile în apă, inerte chimic și nu prezintă importanță nutritivă.

Steridele nu prezintă propriu-zis valoare alimentară, în schimb participă la nivelul organismului la formarea vitaminei D, a acizilor biliari, precum și a unor hormoni. Ca structură sunt esteri ai acizilor grași superiori cu alcooli aromatici, numiți steroli, fiind larg răspândite atât în produsele vegetale cât și animale.

În funcție de proveniența lor, sterolii pot fi zoosteroli sau steroli animali (colesterolul), fitosteroli sau steroli vegetali (sitosterolul), respectiv micosteroli sau steroli din ciuperci (ergosterolul).

Colesterolul este răspândit, în stare liberă sau esterificat cu acizi superiori, în toate țesuturile animale, cele mai bogate fiind ouăle, organele și grăsimile animale.

În sângele uman colesterolul are un nivel al concentrației de 150-220 mg/100 ml și provine din consumul alimentelor bogate în colesterol, dar și prin sinteză proprie din acid acetic,

depășirea acestui nivel constituind principala cauză a depunerii lui pe pereții interiori ai vasele de sânge, provocând ateroscleroza sau alte boli cardiovasculare.

În limitele normale, colesterolul contribuie favorabil în organism prin acțiunea antitoxică față de toxinele bacteriene și parazitare, participă la desfășurarea metabolismului hormonilor sexuali corticosuprarenali, constituie provitamina vitaminei D₃, care se formează în piele sub acțiunea radiației solare.

Sitosterolul este foarte important din punct de vedere fiziologic, întrucât la nivelul organismului se combină cu colesterolul, de unde rezultă compuși greu absorbabili la nivelul aparatului digestiv. Se găsesc mai ales în uleiul din germe de porumb și soia, alune, arahide și nuci, fiind cel mai răspândit sterol vegetal.

Ergosterolul se regăsește în drojdia de bere, alge, bacterii sau este produs de unele ciuperci și se folosește la obținerea pe cale farmaceutică a vitaminei D₂.

Fosfatidele sunt lipide cu structură complexă și sunt concentrate mai ales în membranele și componentele celulare care conțin fosfor. Acest aspect evidențiază rolul fiziologic foarte important al fosfatidelor în toate procesele celulare, cu deosebire în buna funcționare a unor țesuturi și organe cu activitate biochimică intensă precum nervi, creier și măduva spinării.

Având ca și component de bază acidul fosfatidic, prin esterificarea lui rezultă grupe de fosfatide, cele mai importante fiind lecitinele și cefalinele. Lecitinele se găsesc mai ales în gălbenușul de ou, creier, unt, soia, măduvă și ficat, în timp ce cefalinele se găsesc alături de lecitine în toate celulele, dar în cantități mai mici, predominant în creier unde îndeplinesc funcția de transmitere a excitației nervoase.

Ca urmare a structurii lor (conțin în molecula lor o parte hidrofobă și o alta hidrofilă) fosfatidele se dispun sub formă de peliculă la limita de separare a unei emulsii, orientată cu partea hidrofilă către faza apoasă și cu partea hidrofobă către faza grasă, mărind stabilitatea emulsiei. Pe baza acestei însușiri se pune în evidență rolul fosfatidelor în organizarea membranelor celulare, precum și ca stabilizator al emulsiei de colesterol, care în acest fel este împiedicat să se depună pe pereții vaselor de sânge.

Protidele sunt cele mai importante componente structurale și funcționale ale materiei vii, fiind constituenții principali ai protoplasmei și nucleului celular. Au în structuralor azot și de aceea se mai numesc substanțe azotate, regăsindu-se ca substanțe predominante în regnul animal (65-70 % din S.U.) și cu o pondere mai redusă în plante (2-35 % din S.U.). Din grupa protidelor fac parte toate acele substanțe naturale care, prin procesul de hidroliză totală eliberează aminoacizi, precum și aminoacizii înșiși:

- monoprotide sau aminoacizi;
- poliprotide:
 - inferioare: peptide, peptone, albumoze;
 - superioare: holoproteide sau proteine, respectiv heteroproteide sau proteide.

Aminoacizii sunt substanțe monomoleculare care nu hidrolizează, în timp ce poliprotidele hidrolizează și pun în libertate aminoacizi. În funcție de compușii rezultați poliprotidele superioare se împart în proteine, formate numai din aminoacizi și proteide, formate dintr-o componentă proteică și una neproteică, numită grupare prostetică.

Proteidele îndeplinesc în organism atât rol structural, cât și unul funcțional, prin faptul că:

- ▶ ele sunt constituenții fundamentali ai celulelor;
- ▶ prin participarea la diviziunea celulară contribuie la formarea de țesuturi noi și regenerarea țesuturilor uzate;
- ▶ participă la toate reacțiile din organism în calitate de biocatalizatori sub formă de enzime și hormoni;
- ▶ contribuie la vehicularea și stocarea în organism a unor substanțe cu rol vital precum oxigen, fier, acizi grași;
- ▶ participă la receptarea, prelucrarea și stocarea informației;
- ▶ participă la reglarea echilibrului acido-bazic;
- ▶ intervin în reacțiile de apărare ale organismului față de microbi și substanțe toxice.

Aminoacizii sunt prezenți în toate organismele vii în stare liberă sau în combinații, din cei aproape 200 cunoscuți doar 20-24 sunt întâlniți mai frecvent în structura proteinelor și de aceea se mai numesc și aminoacizi proteinogeni.

O clasificare a aminoacizilor se face din punct de vedere chimic (care ține cont de structura lanțului carbonic, numărul de grupări aminice și carboxilice, sau a altor grupări), respectiv biologic sau capacitatea organismului de a-și sintetiza aminoacizii necesari, deosebindu-se aminoacizi neesențiali și aminoacizi esențiali.

Aminoacizii neesențiali pot fi procurați de organism prin sinteză proprie și depind de aportul alimentar,

Aminoacizii esențiali (tabelul 5.5) nu pot fi sintetizați de către organism și prin urmare, ei trebuie asigurați zilnic prin rația alimentară și în proporții cât mai apropiate cu cele din organism, pentru ca utilizarea lor să fie optimă. Trebuie știut că lipsa unui aminoacid esențial sau în cantitate insuficientă, nu este compensată de prezența în exces a celorlalți. Ca urmare a rolului special pe care-l au aminoacizii esențiali, prezența lor în alimente constituie unul din principalele criterii de apreciere a calității nutritive a acestora.

Rolul biochimic al aminoacizilor este relevat prin faptul că participă la o serie de transformări extrem de importante, care se desfășoară sub acțiunea unor enzime specifice. Astfel, în baza reacțiilor enzimatică, aminoacizii se pot transforma în organism în substanțe care contribuie la stabilirea unor legături metabolice între diverși compuși chimici, atât în procesele fermentative utile, cât și cele de alterare, cele mai importante transformări biochimice fiind transaminarea, dezaminarea și decarboxilarea.

Peptidele fac parte din categoria poliprotidelor inferioare, sunt substanțe naturale care se găsesc în stare liberă și ca produși intermediari de hidroliză a proteinelor. Principala lor proprietate chimică este hidroliza care, se poate produce în mediu acid, bazic și enzimatic, cu reformarea aminoacizilor componenți.

Tabelul 5.5. Conținutul în aminoacizi esențiali ale produselor alimentare

Denumire uzuală	Conținutul, în %	Produsul alimentar
Valina	7-8 5-7	proteinele din carne, lapte, ouă cereale
Leucina	7-10	majoritatea proteinelor
Izoleucina	4-5 6-7	proteinele din carne și cereale ouă și lapte
Treonina	4-5 3-5	carne, lapte, ouă cereale
Lizina	7-9	proteinele din carne, ouă, lapte, pește
Metionina	2-4	proteine animale, brânzeturi
Fenilalanina	4-5	majoritatea proteinelor
Triptofanul	1-2	proteine animale

În practică se întâlnesc mai frecvent următoarele tipuri de peptide: *carnozina* (imprimă gustul specific al cărnii), *anserina* (în mușchiul de pasăre), *glutathionul* (activează unele enzime, este antitoxic, protejează vitamina C), *insulina* (secretată de pancreas, cu rol de hormon în metabolismul glucidelor).

Peptonele și *albumozele* sunt substanțe intermediare în procesul de hidroliză a proteinelor, tot ca produși intermediari se pot găsi și în procesul de biosinteză al proteinelor. Ambele grupe se dizolvă în apă și formează soluții coloidale, din care albumozele precipită prin adăugarea de săruri sau prin încălzire.

Proteinele sunt biomacromolecule care, prin structura specifică și proprietățile lor, constituie suportul material însuși al vieții. La baza structurii lor stau aminoacizii proteinogeni și se caracterizează printr-o mare variabilitate în cadrul organismelor vii, specifice în funcție de specie și de organ.

Toate proteinele sunt substanțe solide, amorfe și mai rar cristaline. În general, sunt solubile în apă cu formarea se soluții coloidale, cele cu masa moleculară mare fiind mai greu solubile. Precipitarea lor poate fi reversibilă, când prin unele modificări fizico-chimice nu se produce distrugerea structurii moleculare și ireversibilă (numită și denaturare), când se distruge structura ordonată și se trece la una dezordonată, fără a se modifica masa moleculară. Denaturarea proteinelor se poate realiza pe cale fizică (cu ajutorul căldurii), mecanică (prin agitare) sau chimică (cu ajutorul unor acizi, baze și săruri).

Hidroliza proteinelor poate fi totală (se produce în mediu acid și prin încălzire, rezultând ca produși finali aminoacizi) sau parțială (are loc pe cale enzimatică, rezultând ca produși intermediari albumoze, polipeptide și în final aminoacizi). Hidroliza enzimatică este reacția prin care se asigură digestia proteinelor în organismul uman și asimilarea lor.

Din categoria proteinelor cele mai răspândite sunt proteinele globulare care, în funcție de structură, caracterul chimic și solubilitate, se clasifică în mai multe grupe:

- **protamine:** au structură simplă, sunt solubile în apă, nu coagulează prin încălzire, se întâlnesc doar în regnul animal și sunt reprezentate de clupeină în scrumbii, ciprină în crap și galină în cocoș;

- **histone:** au o structură mai complexă, caracter bazic, sunt solubile în apă, coagulează prin încălzire și se regăsesc doar în regnul animal, în nucleele celulelor glandulare (pancreas, ficat) și în globulele roșii (globină), intrând în structura hemoglobinei;

- **albumine:** sunt solubile în apă, coagulează prin încălzire, sunt larg răspândite în regnul vegetal și animal fiind reprezentate prin ovoalbumină în ou, lactalbumină în lapte, mioalbumină în carne, legumelină în leguminoase și leucozină în cereale;

- **globuline:** sunt solubile în apă, coagulează greu prin fierbere, sunt cele mai răspândite formând masa principală a protoplasmei celulare și sunt reprezentate de ovoglobulină, lactoglobulină, tuberină (în cartof) și faseolină (în fasole);

- **gliadine:** sunt solubile în apă, au caracter acid, nu coagulează prin încălzire, sunt specifice doar produselor vegetale și sunt reprezentate în special de gliadină (în grâu), zeamină (în porumb) și hordeină (în orz);

- **gluteline:** sunt solubile în apă și au valoare nutritivă mai mare decât gliadinele, se regăsesc doar în produsele vegetale și sunt reprezentate de glutenină în grâu și de orizenină în orez.

Heteroproteidele sunt substanțe macromoleculare cu structură complexă și care, în funcție gruparea prostetică, se pot clasifica în metaloproteide, cromoproteide, fosfoproteide, nucleoproteide, glicoproteide și lipoproteide.

Metaloproteidele au în structură ca grupare prostetică metale precum fier, cupru, mangan, zinc, cobalt, magneziu, legate direct la molecula prostetică. Prin prezența ionului metalic proteidele capătă proprietăți biologice deosebite, majoritatea lor fiind enzime și care sunt catalizatoare pentru diverse reacții.

Cromoproteidele au în structura grupării prostetice un pigment, cele mai importante fiind cloroglobulina (gruparea prostetică este clorofila) și hemoglobinele (gruparea prostetică este globină 96 % și 4 % pigmentul roșu cu atom de Fe^{2+}).

Fosfoproteidele au ca grupare prostetică acidul fosforic, fiind reprezentate în special de cazeină și ovovitelină.

Cazeina se prezintă sub formă coloidală în lapte, iar prin stabilitatea datorată prezenței ionilor de Ca^{2+} , nu precipită prin fierbere. În urma fermentației lactice se atinge punctul izoelectric (pH = 4,6), ionul de calciu trece în zer producând precipitarea cazeinei. Cazeina poate precipita și pe cale enzimatică, sub acțiunea chimozinei din cheag, formând paracazeinatul de calciu și care este coagulul prin prelucrarea căruia se obțin brânzeturile.

Ovovitelina este o fosfoproteidă ce se găsește în gălbenușul de ou, fiind caracterizată printr-un conținut foarte echilibrat în aminoacizi esențiali.

Nucleoproteidele sunt specifice nucleului, au în compoziția lor protamine și histone, iar ca grupare prostetică acizi nucleici (ARN și ADN), acizi cu un rol important în biosinteza proteinelor, asigurând astfel caracterul specific al acestora.

Glicoproteidele au ca grupare prostetică glucide de tip xiloză, galactoză sau glucoză, iar dacă procentul de glucide depășește 4 % compuşii poartă denumirea de mucine, îndeplinind funcția de protecție și lubrifiere a mucoaselor.

Lipoproteidele au ca grupare prostetică lipite de tipul lecitină, cefalină sau colesterol, sunt parte componentă a membranelor celulare și servesc ca mijloc de transport pentru acizi și colesterol.

Aprecierea calității proteinelor se face pe baza unor indici stabiliți pe principii biologice și chimice, cei mai importanți fiind:

► valoarea biologică (*VB*), exprimă cantitatea de azot reținut de organism (N_r) din totalul azotului absorbit (N_a):

$$VB = \frac{N_r}{N_a} \cdot 100, \text{ în } \% \quad (5.4)$$

► coeficientul de utilizare digestivă (*CDU*), exprimă cantitatea de azot absorbit din cantitatea de azot ingerat (N_i):

$$CDU = \frac{N_a}{N_i} \cdot 100, \text{ în } \% \quad (5.5)$$

► coeficientul de eficacitate proteică (*PER*), exprimă sporul ponderal (S_p) realizat dintr-un gram de proteină ingerată (P_i):

$$PER = \frac{S_p}{P_i} \cdot 100, \text{ în } \% \quad (5.6)$$

Tabelul 5.6. Valoarea nutrițională medie pentru unele proteine alimenatate

Sursa de proteine	Aminoacizi limitați	VB	CDU	PER
Carne porc, vită	metionină	74	97	2,3
Carne pasăre	valină	-	96	-
Lapte	metionină, izoleucină	82	97	3,1
Ouă	-	94	97	3,9
Pește	triptofan, izoleucină	76	95	3,5
Cereale	lizină, triptofan, izoleucină, treonină	62	90	1,7
Leguminoase	metionină, valină, triptofan	60	83	1,6

În tabelul 5.6 sunt prezentate valorile indicilor de calitate pentru proteinele ce se regăsesc în câteva grupe de produse alimentare.

Vitaminele au rol de biocatalizatori și sunt indispensabile proceselor de transformare a compușilor alimentari la nivelul celular și molecular, fiind sintetizate de către plante, microorganisme și microflora intestinală. Vitaminele sunt primite din hrana zilnică, ca atare sau sub formă de provitamine, adică substanțe care pot fi transformate la nivelul organismului în vitamine.

Lipsa vitaminelor (avitaminoza) sau aportul insuficient de vitamine (hipovitaminoza) produc dereglări semnificative ale metabolismului, cu efecte precum stagnarea creșterii, scăderea masei corporale, scăderea apetitului, cunoscute și ca boli de carență.

Se cunosc aproximativ 20 de vitamine a căror structură este una cu moleculă mică și foarte deferite din punct de vedere chimic. Clasificarea se face după solubilitatea lor astfel:

• *vitamine liposolubile*: solubile în grăsimi și participă la procesele de sinteză ale unor substanțe proprii organismului, fenomen numit anabolism:

- vitamina A (retinol sau axeroftol): este instabilă la oxidare, mai ales la temperaturi ridicate, dar este termostabilă în absența oxigenului; are un rol determinant în procesul vizual, multiplicarea celulară și creșterea rezistenței la infecții; se găsește sub formă de retinol în pește,

unt, ouă, brânzeturi sau sub formă de provitamină (β -carotenul din morcov, piersici, caise, spanac);

- vitamina D (calciferol) numită și antirahitică: este instabilă la oxidare, mai ales la temperaturi ridicate și în prezența metalelor grele, exercitând un rol fiziologic complex în absorbția intestinală a calciului, controlul și asigurarea proceselor de oseeificare; sub această denumire se găsește un grup de vitamine (D_2 , D_3 , D_4 , D_5 , etc.) cu rol asemănător și structură apropiată de steroli; se găsește în cantități mici în pește, gălbenuș de ou și unt, respectiv steroli vegetali și animalii ca provitamină;

- vitamina E (tocoferol) denumită și vitamina antisterilității: este cea mai stabilă la temperaturi ridicate, având proprietăți vitaminice prin trei substanțe naturale (α , β și γ tocoferoli) considerate provitamine E; este un antioxidant biologic participând la buna funcționare a aparatului reproducător, cardiovascular și muscular, regăsindu-se în cantități suficiente de mari în uleiul de germeni de porumb, de soia și floarea soarelui, unt și germenii cerealelor;

- vitamina K (fitochinona) sau antihemoragică: este stabilă la temperaturi ridicate și instabilă în prezența luminii și a oxigenului, funcționează în calitate de coenzimă la sinteza unor substanțe cu rol în coagularea sângelui și poate fi sintetizată de microflora intestinală; se găsește în ficatul animalelor domestice, în spanac, mazăre și pătrunjel;

• *vitamine hidrosolubile*: solubile în apă și participă la reacții ce produc eliberarea de energie, fenomen numit catabolism:

- complexul de vitamine B: reprezintă un ansamblu de vitamine care se găsesc împreună în natură, cu o strânsă legătură funcțională și contribuie la degradarea și metabolismul glucidelor, lipidelor și protidelor cu eliberarea de energie, oxidoreducere celulară, sinteza acizilor nucleici, proteinelor, acizilor grași și hemoglobinei, transaminarea și decarboxilarea aminoacizilor; dintre cele 12 vitamine mai importante sunt B_1 (tiamina), B_2 (riboflavina), B_3 (acidul pantotenic), B_4 (colina), B_5 (niacina), B_6 (piridoxina), H (biotina), B_{12} (cobolamina) și acidul folic; se găsesc ca atare în carne, ficat, leguminoase, ouă, brânzeturi, ca provitamină (triptofan) în ouă și lactate sau sunt sintetizate de microflora intestinală (B_3 și H);

- vitamina C (acidul ascorbic) sau antiscorbutică: este cea mai instabilă vitamină fiind ușor distrusă în soluții, sub acțiunea oxigenului, a radiațiilor violete și a temperaturii; participă în toate procesele fiziologice care au loc în organism, contribuind în principal la metabolismul proteic, formarea colagenului și a țesutului osos, facilitează absorbția fierului, frânează sinteza colesterolului și reduce concentrația lui din sânge, mărește rezistența organismului față de microbi și toxine, mărește eficacitatea unor vitamine (A, E, B) prin interacționare cu ele; se găsește în cantități suficiente în măceșe, coacăze, ardei, frunze de pătrunjel, citrice și în cantități mici în cartofi, roșii și varză, dar prin cantitatea mare consumată ele sunt o sursă importantă;

- vitamina P (citrina): îndeplinește funcție vitaminică asociată cu vitamina C; se găsește în cantități mari în citrice, coacăze, măceșe, struguri;

- vitamina PP (nicotinamida) sau antipelgroasă: este stabilă la tratamente termice, la oxidare și la acțiunea luminii, contribuind la degradarea glucidelor, lipidelor și protidelor, precum și la oxidoreducere celulară, fiind vitamina care previne pelagra, participă la procese metabolice furnizatoare de energie, ajută la funcționarea normală a glandelor de secreție internă și a sistemului nervos; se găsește în carne, ficat, tomate, drojdia de panificație, tărâțe de grâu sau triptofan ca provitamină.

Substanțele minerale intră în categoria componentelor alimentare indispensabile vieții. Ele nu pot fi sintetizate de către organismul uman și prin urmare, trebuie procurate din rația alimentară zilnică. În mod frecvent substanțele minerale se găsesc sub formă de săruri minerale, compuși organo-metalici și sub formă disociată, care din punct de vedere al rolului nutrițional se împart în:

► **macroelemente**: au în organism un rol plastic, fiind integrate în structurile celulare ce alcătuiesc diferitele țesuturi și organe; sunt reprezentate de calciu, magneziu, fosfor, sulf, sodiul, potasiu, clor;

- calciul și fosforul sunt localizate mai ales în țesutul osos, reprezentând 2/3 din totalul elementelor minerale; absorbția intestinală a calciului și fosforului se face după hidroliza compușilor care-l conțin, cele mai bune surse de asemenea minerale fiind laptele și derivatele lui, peștele, gălbenușul de ou;

- sodiul, clorul și potasiul se găsesc sub formă de electroliți, participând la menținerea echilibrului acido-bazic și se găsesc în cantități importante în legume și fructe;

- sulful intră în compoziția aminoacizilor cu sulf, hormoni și la unul din cele mai importante sisteme de oxido-reducere celulară; sursele de sulf sunt brânzeturile, ouăle, carnea, varza, fasolea conopida;

► microelemente sau oligoelemente: în organism au rol fiziologic participând la alcătuirea unor compuși cu activitate biologică intensă precum vitamine, enzime, hormoni și care pot fi:

- microelemente esențiale: sunt reprezentate de fier, zinc, seleniu, mangan, cupru, iod, molibden, cobalt, fluor; au un rol fiziologic determinant, lipsa sau chiar insuficiența lor în alimentație producând dereglări metabolice;

- microelemente neesențiale: sunt acelea pentru care nu s-a stabilit cu certitudine necesitatea lor și aici intră plumbul, mercurul, aluminiul, staniul, argintul, aurul, plumbul, nichelul.

Enzimele sunt proteine cu rol de biocatalizator al reacțiilor care constituie metabolismul celular. Este cunoscut faptul că fiecare dintre numeroasele și complexe reacții chimice metabolice este controlată de către o singură enzimă specifică.

Enzimele se găsesc în produsele de origine vegetală, animală, în microorganisme și se pot împărți în endoenzime, care acționează în interiorul celulei și exoenzime, ce acționează în afara celulei. Sunt distruse prin încălzire la temperaturi de peste 80 °C, dar rezistă bine la temperaturi scăzute și din acest punct de vedere, produsele alimentare pot suferi modificări sub acțiunea enzimelor proprii sau a celor aparținând microorganismelor.

5.3.1. Materii prime de origine vegetală

Materiile prime vegetale sunt de natură biologică, astfel că procesele biochimice se desfășoară intens după recoltare, în timpul păstrării și prelucrării lor. Din această categorie fac parte cerealele, leguminoasele pentru boabe, oleaginoasele, tuberculiferele și rădăcinoasele, legumele, fructele, strugurii, tutunul, plantele medicinale și aromatice.

Cerealele sunt plante ce aparțin familiei Gramineae, având cea mai mare importanță pentru hrana omului. Din acest motiv ele ocupă cele mai mari suprafețe cultivate pe glob dintre toate plantele de cultură.

Fructele cerealelor (boabele) pot fi păstrate, în condiții corespunzătoare, perioade de timp îndelungate. Structura morfologică a boabelor este complexă și cuprinde pericarpul, testa, endospermul și embrionul. În proporții diferite, depinzând de soi, aceste părți anatomice se găsesc în structura tuturor cerealelor (tabelul 5.7). Endospermul sau corpul făinos este partea cea mai dezvoltată a boabelor, fiind formată din celule bogate în amidon și care prin măcinare se transformă în făinuri. Principalele direcții de industrializare a boabelor de cereale sunt prezentate în figura 5.4.

Tabelul 5.7 Structura morfologică a boabelor de cereale

Specia	Embrion, %	Endosperm, %	Înveliș, %
Grâu	2-4	79-84	14-18
Porumb	8-14	81-84	5-11
Secară	2,5-4	71-77	20-25
Orz	2,6-3	56-69	27-30

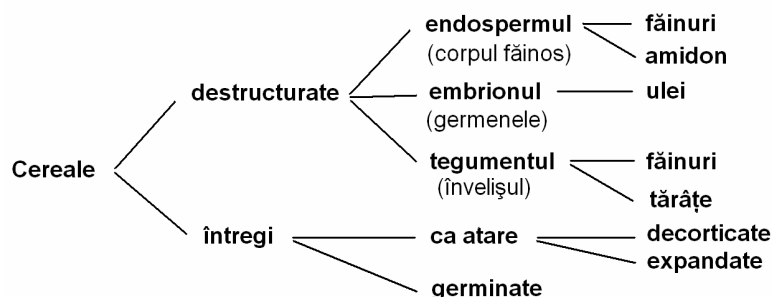


Fig. 5.4. Principalele direcții de industrializare a cerealelor

Grâul este cea mai importantă cereală, boabele de grâu având un conținut ridicat în hidrați de carbon și substanțe proteice. Este materia primă de bază pentru industria morăritului în vederea fabricării pâinii și produselor de panificație.

Porumbul prezintă o importanță deosebită atât prin potențialul productiv, cât și prin multiplele utilizări ale boabelor: în alimentație (mălai, fulgi, popcorn), în hrana animalelor, în industria spiritului și la obținerea uleiului din germeni.

Orzul este utilizat în alimentația omului, dar constituie în principal materia de bază la obținerea malțului și apoi a berii.

Secara și triticale sunt cereale cu calități de panificație inferioare grâului, având o compoziție asemănătoare acestuia, prin măcinare rezultând un procent mult mai mare de tărâțe, de cca. 30 %.

Ovăzul constituie o materie primă bogată în substanțe nutritive, fiind recomandată în alimentația omului, cu deosebire la copiii și adulții cu regim dietetic.

Orezul este cereala ce constituie alimentul de bază pentru aproximativ o treime din populația globului, situându-se ca suprafață cultivată imediat după grâu.

Sorgul este cultivat pe cca. 6 % din suprafața agricolă și se folosește sub formă de pâine în alimentația populației din Africa și Asia, sau pentru extragerea din tulpină a unui sirop cu o concentrație de zahăr de 55-60 %.

Din categoria cerealelor se mai cunosc *meiul* și *hrișca*, plante cultivate în perioadele trecute și care în prezent se regăsesc doar pe suprafețe foarte mici.

Leguminoasele pentru boabe aparțin grupei de plante din familia Papilionaceae, se cultivă pe cca. 10 % din suprafața arabilă, în special pentru boabe și care se pot păstra, în condiții corespunzătoare, perioade îndelungate de timp. Comparativ cu cerealele, boabele de leguminoase sunt mai bogate în proteine (tabelul 5.8), iar unele și în grăsimi vegetale, din care motiv sunt utilizate și pentru extragerea uleiurilor comestibile. Datorită structurii și compoziției lor favorabile consumului uman, leguminoasele pentru boabe au tendința de a ocupa suprafețe tot mai mari.

Tabelul 5.8. Compoziția chimică a boabelor la principalele leguminoase

Specia	Proteide, %	Lipide, %	Extractive neazotate, %	Celuloză, %	Cenușă, %
Arahide	20-34	42-59	10-12	4-6	5-8
Bob	21-26	0,9-1,8	43-48	6,2-7,8	2,1-7,5
Fasole	17-32	0,4-3,6	41-56	2,2-6,6	3,1-5,2
Linte	21-36	0,7-1,4	44-54	2,5-5,4	2,5-3,6
Lupin	33-37	3,4-6,1	22-31	11,6-14,5	2,7-4,9
Mazăre	20-35	0,7-1,6	29-54	2,8-7,7	2,7-4,0
Năut	18-29	6,2-7,2	46-48	2,5-5,4	2,5-3,7
Soia	37-40	13-27	24-30	4,1-5,2	4,5-5,2

Mazărea, de la care se folosesc boabele, este utilizată în hrana omului fie în stare verde, fie la maturitate. În stare verde boabele se consumă ca atare sau conservate, în timp ce boabele

maturate sunt folosite la obținerea făinii de mazăre, ce intră în componența unor sosuri, pireuri, supe, iar în combinație cu făina de grâu la obținerea unei pâini mai hrănitoare.

Fasolea este o sursă bogată în proteine și glucide, fiind utilizată în alimentație sub formă de păstăi verzi (ca atare sau conservate) și boabe maturate (ca atare și conservate), acestea putând fi păstrate perioade de timp îndelungate.

Soia reprezintă una din culturile redescoperite și utilizată pe scară largă în alimentație, datorită calităților ei deosebite. Utilizată în trecut doar pentru extragerea uleiului și a grăsimilor vegetale, în prezent soia este materia primă din care se extrage peste 2/3 din producția mondială de făinuri proteice, situându-se pe primul loc la producția de grăsimi vegetale (peste 30 %). Soia și derivatele proteice obținute din soia se regăsesc în multe din produsele obținute în industria alimentară (preparate din carne, dulciuri, produse de panificație, produse lactate, produse dietetice, salate, sosuri, produse de patiserie), produse farmaceutice și de cosmetică.

Arahidele, cunoscute și sub denumirea de alune de pământ, au semințele bogate în grăsimi vegetale și substanțe proteice, producția de ulei reprezentând 9-10 % din producția mondială de uleiuri vegetale. Făina și șrotul rezultat de la extragerea uleiului sunt folosite la preparat ciocolată, halva și produse de patiserie, iar uleiul la fabricarea margarinei și a unor sortimente de săpun fin.

Lintea este o plantă cultivată din timpuri străvechi datorită valorii nutritive ridicate, a gustului plăcut și a gradului ridicat de digestibilitate. Boabele sunt folosite întregi sau măcinate, la obținerea unor sosuri, făină în amestec cu cea de grâu pentru pâine și prăjite pentru surogatul de cafea.

Bobul este una dintre cele mai vechi plante legumicole cultivate, boabele fiind bogate în proteine, aminoacizi esențiali, glucide și mai ales în vitaminele A, B și C. Este folosit în alimentația omului sub aceleași forme ca lintea, precum și ca furaj concentrat sau masă verde în hrana animalelor.

Năutul este o leguminoasă răspândită în lume, dar cultivată cu deosebire în zona India – Pakistan, pentru conținutul ridicat în glucide (50-70 %), proteine și lipide. Boabele de năut se consumă maturate fierte, prăjite sau surogat de cafea, respectiv verzi, putând fi preparate ca și fasolea sau mazărea.

Plantele oleaginoase, sunt acele culturi de la care se obțin cu deosebire uleiuri și grăsimi vegetale. În funcție de scopul pentru care sunt cultivate, plantele oleaginoase se împart în două grupe: plante oleaginoase propriu-zise, scopul principal fiind obținerea de ulei (floarea-soarelui, rapiță, in de ulei, susan, ricin, șofrănel), fructe oleaginoase (palmierul de ulei, cocotierul, măslinul, tapioca), respectiv plante furnizoare de ulei (soia, arahide, semințele unor culturi precum mac, in de fibră, cânepă, struguri, tutun, dovleac, bumbac și germeni de porumb, sorg și grâu).

Uleiurile și grăsimile vegetale folosite și la fabricarea săpunurilor, au o incidență mai redusă asupra bolilor comparativ cu grăsimile animale, prezentând și o digestibilitate mai ridicată, de peste 94 %. Fiind ușor asimilate de organism, contribuie la obținerea unui randament energetic ridicat.

În tabelul 5.9 sunt prezentate principalele componente ale plantelor oleaginoase, iar în tabelul 5.10 conținutul în lipide al principalelor fructe oleaginoase.

Tabelul 5.9. Compoziția principalelor materii prime oleaginoase

Specia	Coajă, %	Ulei brut, %	Proteine, %	Substanțe neazotate, %	Celuloză, %	Cenușă, %
Floarea-soarelui	14-28	44-48	18-20	10-15	14-18	2-3
In pentru ulei	4-6	39-45	25-27	20-23	4-5	3-4
Rapiță	4-6	41-47	25-28	17-20	4-6	3-5
Ricin	22-25	41-58	14-18	15-17	15-18	2-4

Floarea-soarelui este principala plantă oleaginoasă, uleiul rezultat din semințele acesteia având în componență toți aminoacizii esențiali. Cu un conținut ridicat în vitamine și substanțe aromatice, uleiul este folosit în alimentația omului ca atare sau la pregătirea unor produse de tipul conservelor de legume și carne, la obținerea grăsimilor hidrogenate și interesterificate.

Rapița se cultivă pentru boabe din care se extrage ulei, fiind pe locul patru în lume ca sursă de ulei vegetal, după soia, floarea-soarelui și palmierul de ulei. Pentru consumul uman uleiul de rapiță trebuie bine rafinat, pentru a elimina gustul neplăcut și a readuce culoarea galbenă.

Tabelul 5.10. Conținutul în lipide la principalele fructe oleaginoase

Specia	Apă, %	Lipide, %	Natura substanțelor
Alun	3-5	40-60	grăsimi
Avocado	50-82	16-34	uleiuri
Laur	30-43	24-55	grăsimi
Măslin	73-84	20-35	uleiuri
Migdal (miez)	4-6	32-64	uleiuri
Nucă de cocos	46-50	34-36	grăsimi
Nuc (miez)	3-5	40-70	uleiuri
Palmier de ulei	35-45	35-55	grăsimi

Inul de ulei are semințele bogate în lipide, iar uleiul rezultat este siccativ (nu oxidează, nu se usucă și nu se întărește), fiind folosit mai mult la fabricarea lacurilor, vopselilor și a unor cerneluri tipografice, în timp ce turtele rezultate la presare constituie un furaj valoros pentru animale.

Ricinul are semințele foarte bogate în lipide, iar uleiul obținut este nesiccativ și se folosește mai ales în scopuri industriale (în industria textilă, la fabricarea cauciucului sintetic, fibre sintetice și mase plastice, produse farmaceutice și cosmetice).

Dintre fructele oleaginoase, palmierul de ulei ocupă locul doi în lume la producția de ulei vegetal, urmat de nuca de cocos cu o pondere de 8-8,5 % din producția mondială și măslin, a cărui ulei are o valoare alimentară deosebită, fiind folosit în diverse diete alimentare.

Plante tuberculifere și rădăcinoase constituie o categorie importantă de materii prime atât prin suprafețele cultivate, prin nivelul producțiilor realizate, cât și prin importanța lor în hrana oamenilor. Din această categorie cele mai importante sunt cartoful, sfecla de zahăr și cicoarea, a căror compoziție chimică este prezentată în tabelul 5.11.

Tabelul 5.11. Compoziția chimică a materiilor prime tuberculifere și rădăcinoase

Specia	Apă, %	Amidon, %	Zahăr, %	Proteine, %	Lipide, %	Celuloză, %	Cenușă, %
Tubercul de cartof	66-85	9-27	0,5-1,5	0,8-4,9	0,7-3,7	0,2-2,5	0,4-1,9
Rădăcină de sfeclă de zahăr	69-78	9-14	12-17	0,8-1,9	0,1-0,8	2,6-4,1	0,1-1,0
Rădăcină de cicoare	62-76	12-22	0,6-2,1	0,5-1,7	0,1-0,6	1,1-1,8	0,9-1,7

Cartoful constituie o importantă materie primă alimentară și furajeră, principalele direcții de industrializare fiind prezentate în figura 5.5.

În alimentație cartoful îndeplinește în general rol energetic, deoarece soiurile pentru consum direct conțin un procent foarte mare de amidon, ajungând la 70-75 % din substanța uscată. Proteinele din cartof au o valoare superioară celor ce provin din boabele de grâu, prin digestibilitate și echilibrul aminoacizilor esențiali, tuberculii fiind bogați în elemente minerale precum potasiu, fosfor, magneziu, calciu și fier, dar și în vitaminele C, H, PP și complexul B.

Sfecla de zahăr constituie principala materie primă în industria zahărului din Europa, asigurând cca. 30-35 % din producția mondială de zahăr, restul fiind obținută din trestia de zahăr. Coletul cu frunze este un furaj nutritiv important pentru hrana animalelor, ca de altfel și tăiteii rezultați în urma prelucrării sfecei în fabricile de zahăr.

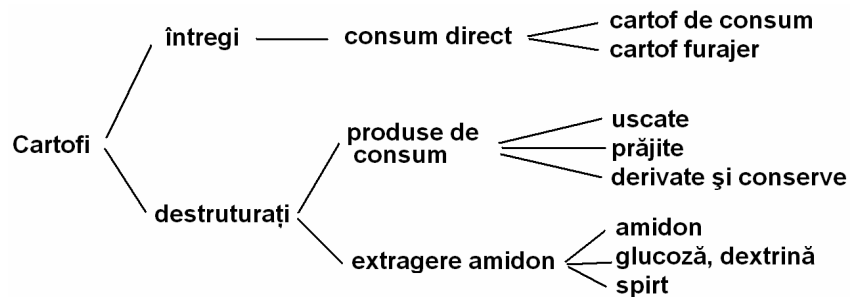


Fig. 5.5. Principalele direcții de industrializare a cartofului

În urma extragerii zaharozei rezultă melasa și care, având încă un procent important de zaharoză, se folosește la furajarea animalelor, la fabricarea drojdiei de panificație sau în industria spirtului.

Cicoarea este o plantă cultivată pentru rădăcinile sale tuberizate, bogate în inulină (7-16 %). Este utilizată la prepararea surogatului de cafea, un aliment ce acționează favorabil asupra digestiei, este tonic și contribuie la calmarea durerilor abdominale.

Tabelul 5.12. Compoziția chimică a părții comestibile la legumele în stare proaspătă

Specia	Apă, %	Glucide, %	Lipide, %	Protide, %	Celuloză, %	Săruri minerale, %
Ardei	87-93	1,6-6,4	-	0,7-1,9	2,0-2,4	0,5-0,7
Ceapă	80-89	4,7-10,2	0,25	1,0-1,4	0,7-0,8	0,5-0,6
Castraveți	90-97	1,2-3,4	0,20	0,5-0,8	0,3-0,6	0,4-0,9
Conopidă	87-92	1,7-4,8	0,28	2,0-2,7	0,8-1,0	0,7-0,83
Dovlecei	90-93	5,5-6,8	-	1,0-1,3	1,2-1,3	0,7-0,8
Fasole verde	85-90	1,9-2,6	0,24	2,0-3,1	1,5-2,2	0,7-0,8
Gulii	85-92	3,0-5,7	-	1,2-2,4	0,7-1,3	0,8-1,2
Mazăre verde	74-80	1,3-5,9	0,48	5,8-7,2	1,5-2,2	0,9-1,1
Morcov	85-91	5,7-8,2	0,20	0,7-1,2	0,6-1,3	0,65-1,0
Păstârnac	78-82	8,6-19,5	-	0,9-1,7	1,7-2,2	1,1-1,2
Pătrunjel rădăcină	79-88	8,5-15,4	0,40	3,7-5,2	1,2-1,8	1,5-2,0
Pepene verde	92-94	4,5-11,3	-	0,2-1,3	0,9-1,4	0,2-0,4
Salată	90-96	2,1-3,0	0,14	1,2-2,3	0,6-0,9	0,6-1,4
Sfeclă roșie	83-92	2,3-8,9	0,10	1,1-2,0	0,9-1,1	0,8-1,2
Spanac	87-93	2,4-3,7	0,30	1,9-3,2	0,5-0,8	1,4-1,9
Tomate	93-96	1,8-4,3	0,21	0,7-1,1	0,6-0,8	0,5-0,6
Țelină	87-91	4,8-8,2	0,33	1,2-2,0	1,0-1,4	0,8-1,1
Usturoi	63-70	22-28	0,25	5,3-6,8	0,7-1,1	1,4-1,6
Varză albă	88-93	2,9-5,8	0,20	1,2-1,7	1,0-1,7	0,4-0,8

Plantele legumicole sunt folosite atât în consumul direct al omului, cât și ca materii prime în industria alimentară, legumicultura fiind una din ramurile de bază ale agriculturii. În funcție de partea comestibilă, principalele legumele se pot clasifica astfel:

- partea comestibilă este fructul: tomate, vinete, ardei, castraveți, fasole verde, dovlecei, pepene;
- partea comestibilă este frunza: varză, salată, pătrunjel, spanac, lobodă, mărar, ștevie;
- partea comestibilă este inflorescența: conopida;
- partea comestibilă este bulbul: ceapa, usturoiul, gulii;

- partea comestibilă este rădăcina: morcov, pătrunjel, păstârnac, sfecla roșie, țelina;
- partea comestibilă este tulpina îngropată: sparanghel, andive.

Varietatea de specii, soiuri și hibrizi de legume, cu compoziție fizico-chimică diversă (tabelul 5.12) și necesitatea consumării acestora pe întreg parcursul anului, determină tehnologii specifice de păstrare, condiționare și prelucrare, principalele direcții de industrializare fiind prezentate în figura 5.6.

Ca urmare a compoziției lor chimice, legumele nu au o valoare nutritivă deosebită, dar au un efect benefic asupra stării de sănătate a organismului ca urmare a unor acțiuni terapeutice precum: hidratarea bună datorită conținutului bogat în apă, reglarea proceselor metabolice prin aportul de vitamine, intensificarea activităților enzimatică prin aportul de săruri minerale, reducerea colesterolului din sânge, neutralizarea acidității gastrice, creșterea capacității de apărare față de boli, asigurarea cu glucide simple și aminoacizi, etc.

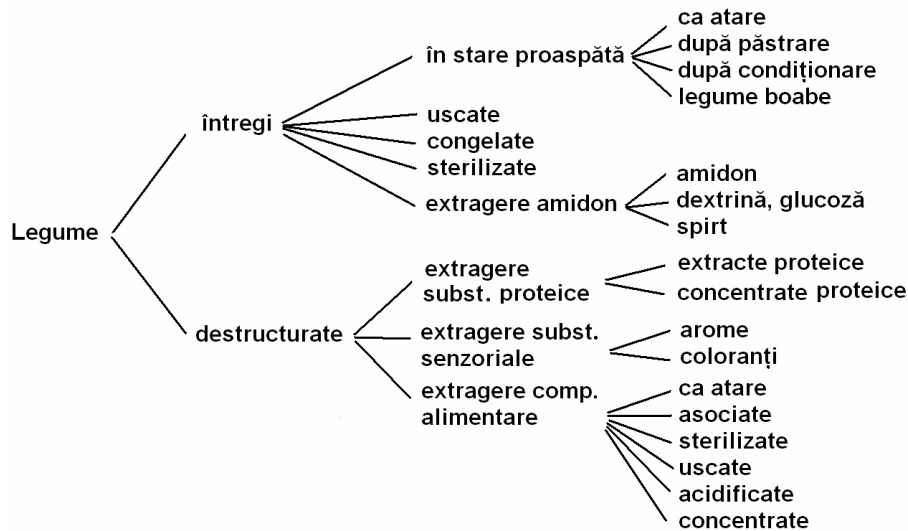


Fig. 5.6. Principalele direcții de industrializare a legumelor

Tabelul 5.13. Compoziția chimică a părții comestibile la fructele în stare proaspătă

Specia	Apă, %	Glucide, %	Lipide, %	Protide, %	Celuloză, %	Săruri minerale, %
Afine	79-86	4-9	0,-0,6	0,4-0,6	1,1-1,2	0,20-0,28
Alune	3-5	0,1-0,14	40-60	8-13	1,6-2,3	1,9-2,7
Ananas	75-89	8-18	0,1-0,4	0,4-0,8	0,3-0,5	0,25-0,5
Banane	70-80	10-12	1,0-1,4	0,8-2,2	0,2-0,8	0,6-1,6
Caise	78-90	3-16	0,06-0,1	0,8-1,1	0,95-1,1	0,2-0,8
Castane	47-53	26-29	1,6-2,3	6,3-8,7	1,3-2,1	0,8-1,6
Căpșuni	84-93	3-10	0,4-0,6	0,4-0,8	-	0,2-0,3
Cireșe	75-87	10-17	0,5-0,8	0,5-1,2	0,3-0,5	0,3-0,6
Curmale	78-85	14-20	0,1-0,4	0,5-0,8	0,1-0,4	0,4-0,7
Gutui	80-85	6-10	0,2-0,9	0,3-0,61	1,8-2,9	0,3-0,6
Lămâi	85-91	1,2-9,1	-	0,3-1,0	0,35-0,5	0,5-0,6
Mandarine	84-90	7-11	-	0,5-0,8	0,3-0,5	0,4-0,7
Mere	78-90	3-15	0,1-0,7	0,1-0,4	0,8-1,0	0,2-0,5
Pere	77-87	6-14	0,1-0,5	0,4-0,7	1,5-2,6	0,2-0,4
Piersici	82-91	6-16	0,1-0,14	0,5-1,0	0,4-0,6	0,3-0,6
Portocale	84-89	4-12	0,12-0,24	0,2-1,5	0,46-0,58	0,4-0,6
Prune	76-88	3-15	0,1-0,2	0,5-1,0	0,3-0,9	0,3-0,7
Smochine	78-83	6-14	-	0,7-1,1	0,6-0,7	0,4-0,6
Struguri	76-88	9-20	1,2-1,7	0,5-1,2	0,4-0,5	0,5-0,7
Vișine	77-88	7-15	0,4-0,5	0,8-1,1	0,4-0,5	0,3-0,6

Fructele au o valoare alimentară ridicată prin conținutul lor în elemente nutritive (tabelul 5.13) și care se regăsesc, în cantități reduse sau deloc în alte materii prime alimentare.

O clasificare a fructelor cultivate în zona temperat continentală ține cont de structura anatomică și vizibilitatea semințelor, criteriul după care se pot împărți astfel:

- grupa fructelor semințoase: măr, păr, gutui, păducel;
- grupa fructelor sâmburoase: prun, cireș, vișin, cais, piersic, corcoduș, porumbar;
- grupa fructelor nucifere: nuc, alun, castan, migdal;
- grupa fructelor bacifere: agris, coacăz, smochin, dud, frag, căpșun.

La acestea se mai adaugă grupa de fructe subtropicale (smochin, rodii, fistic, citrice) și tropicale (ananas, curmale, banane).

Fructele sunt caracterizate prin însușiri gustative deosebite, printr-o valoare nutritivă ridicată ca urmare a conținutului în glucide, vitamine, săruri minerale, aminoacizi, substanțe pectice, acizi organici, substanțe aromatice, fibre alimentare. Astfel, doar consumul de fructe asigură necesarul de vitamina C și caroten pentru organism.

În general se recomandă ca fructele să se consume în stare proaspătă, pentru a păstra valoarea nutritivă, dar ele sunt folosite și ca materie primă la obținerea unui variat sortiment de produse, principalele direcții de industrializare fiind prezentate în figura 5.7.

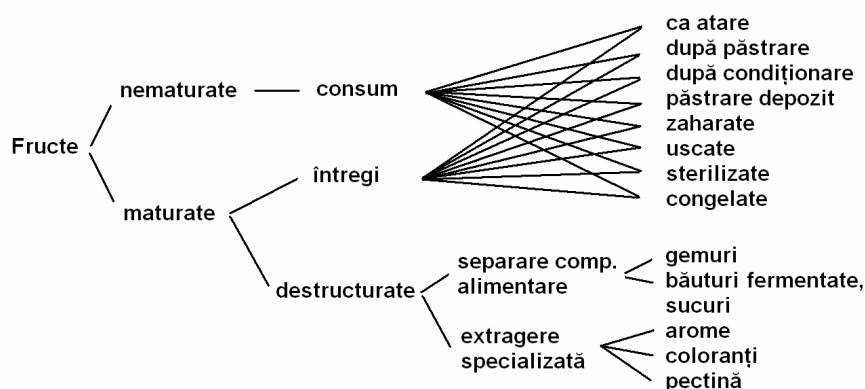


Fig. 5.7. Principalele direcții de industrializare a fructelor

Alte materii prime vegetale folosite în industria alimentară sunt ciupercile comestibile, tutunul, hameiul, plantele condimentare, aromatice și medicinale.

Ciupercile sunt plante criptogame, fără clorofilă și care se dezvoltă pe materiale organice aflate în descompunere. Majoritatea lor cresc în mod sălbatic (ghebe, hrib, mănătarca, gălbiori, râșcov, etc.), dar în ultimul timp ciupercile sunt cultivate de om în spații protejate, cele mai importante soiuri fiind ciuperca albă, păstrăvul fagului, ghebele de toamnă și champignon. Sunt bogate în protide, glucide, substanțe minerale pe bază de calciu, fier, cupru și fosfor, precum și în vitaminele B₁, B₂ și D.

Tutunul se cultivă pentru frunze destinate fabricării produselor de fumat: țigarete, țigări de foi, tutun. Din frunzele de tutun se extrage vitamina PP (acidul nicotinic) folosit la obținerea unor medicamente și acidul citric, iar din semințe se extrag ulei și substanțe necesare industriei farmaceutice și cosmetice.

Compoziția foilor de tutun fermentate determină însușirile fumative ale tutunului. Prin arderea hidraților de carbon se elimină acizi organici, aldehide și fenoli care, alături de rășini și uleiurile eterice pe care le conțin frunzele, conferă aroma și gustul tutunului.

Hameiul, cultivat pentru inflorescențe, constituie materie primă pentru industria berii, fiind utilizat în special la aromatizarea și conservarea acesteia.

Substanța uscată a conurilor de hamei conține compuși azotați (polipeptide, albuminoide, aminoacizi), hidrați de carbon, lignine, pectine, celuloză, tanin, substanțe amare, rășini și ulei volatil. Acizii amari dețin un rol important la fabricarea berii, dând gust, aromă, spumare, dar având totodată și efect conservant, antiseptic. Taninul, care se regăsește în toate părțile

componente ale conului de hamei, contribuie la limpezirea și imprimarea culorii berii, iar uleiurile volatile dau parfumul și aroma berii.

Plantele cu rol de condimente și aromatice, sunt folosite ca adausuri la preparatele culinare, produse de patiserie, cofetărie și la preparatele din carne, conservele din carne și legume. Sunt bogate în uleiuri eterice datorate unor alcoolii, esterii, fenoli sau derivați ai acestora, contribuind la stimularea proceselor digestive prin îmbunătățirea aromei și gustului produselor alimentare.

În funcție de partea fiziologică a plantei ce contribuie cu principii active, plantele cu rol de condimente se pot grupa astfel:

- întreaga plantă: busuioc, leuștean, cimbru, mărar, mentă, tarhon, etc.;
- rădăcina: hrean;
- tulpina: scorțișoară;
- frunzele: dafin;
- inflorescența: șofran, cuișoare;
- fructul: anason, coriandru, chimen, piper, fenicul, vanilla;
- semințele: muștar, nucușoară, mac.

5.3.2. Materii prime de origine animală

Materiile prime de proveniență animală se caracterizează printr-o structură chimică bogată și variată, asigurând în mod echilibrat substanțele nutritive necesare organismului uman, prin valoarea proteică și aportul caloric constituind factori de bază ai alimentației.

Proteinele animale sunt superioare celor vegetale, dar resursele sunt mai limitate și costurile pentru obținerea lor mai mari. Totodată, materiile prime de origine animală sunt, în majoritatea cazurilor, mai perisabile decât cele vegetale, fiind necesară prelucrarea rapidă a acestora.

În funcție de modul de obținere al acestor materii prime avem materii ce rezultă de la animalele vii (lapte, ouă, miere) și materii ce rezultă din animalul însuși și care trebuie sacrificat (carnea de animale, păsări și pește).

Carnea, în sensul larg al cuvântului, constituie țesutul muscular al mamiferelor și păsărilor, la care se adaugă țesuturile aderente la el: conjunctiv, adipos, epitelial, osos, etc.

Materia primă pentru obținerea cărnii o constituie animalele domestice, păsările domestice și vânatul. La toate speciile structura cărnii este dominată de țesutul muscular (40-60 %) și care influențează în cea mai mare măsură valoarea ei nutritivă.

Compoziția chimică a cărnii depinde de proporția în care se află țesuturile specificate și care, la rândul lor variază în funcție de specie, iar în cadrul speciei de vârsta și starea de îngrășare (tabelul 5.14). O situație aparte o reprezintă compoziția chimică a cărnii provenite din vânat (tabelul 5.5), care este puțin diferită de cea a animalelor domestice.

În urma abatorizării, după sacrificarea animalelor și păsărilor, în afară de carne rezultă o serie de organe comestibile precum inima, ficatul, pulmonii, splina, rinichii, precum și unele subproduse care pot fi consumate (creier, coada, urechi, grăsimi, picioare, burta, sângele), principalele direcții de industrializare a animalelor pentru carne fiind prezentate în figura 5.8.

În alimentație, în afară de cele prezentate se mai folosesc în consumul uman crustacee (raci, creveți, languste), moluște (melci, scoici, stridii, midii) și broaște, de regulă pe post de delicatose, iar în alte zone geografice se consumă carnea de bizon, antilopă, focă, morsă, ren, cămilă, cal, sau prin tradiție și obiceiuri câine, pisică, șarpe, etc.

Speciile de animale domestice crescute pentru industrializare se deosebesc între ele prin anumite trăsături morfologice și fiziologice, cele mai cunoscute specii fiind clasa mamiferelor, reprezentată prin taurine, suine, ovine, caprine, cabaline și animalele de blană, respectiv clasa păsărilor, reprezentate mai ales de găini, curci, rațe și găște.

Taurinele sunt reprezentate de trei direcții specializate: pentru carne, pentru lapte și mixte. Aici sunt incluse rasele autohtone, de import și ameliorate, ca efect al încrucișării lor în vederea creșterii randamentului în carne sau lapte.

Tabelul 5.14. Compoziția chimică medie a cărnii de la animalele domestice

Specia	Starea de îngrășare	Apă, %	Protide, %	Lipide, %	Minerale, %
Bovine	slabă	75,50	21,10	3,80	1,10
	medie	66,30	20,00	10,70	1,00
	grasă	61,60	19,20	18,30	0,90
	foarte grasă	58,50	17,60	23,00	0,90
Vițel	slabă	78,84	19,86	0,80	0,50
	grasă	72,31	18,80	7,41	1,33
Porcine	slabă	72,55	20,10	6,63	1,10
	de carne	68,00	19,00	12,50	0,50
	semigrasă	61,10	17,00	21,50	0,40
	grasă	47,90	14,50	37,00	0,60
Ovine	slabă	71,10	20,80	7,00	1,10
	medie	65,10	18,20	15,80	0,60
	grasă	60,30	15,50	23,70	0,50
Cabaline	slabă	74,24	21,70	2,55	1,00
Găini	grasă	63,70	19,20	16,80	1,00
	medie	70,10	18,50	9,30	0,9
	slabă	70,80	22,60	3,10	1,10
Rațe	grasă	48,20	17,00	33,60	1,20
	medie	59,10	18,30	19,00	1,30
	slabă	70,80	22,60	5,10	1,10
Gâște	grasă	28,00	15,90	47,50	0,50
	medie	46,70	16,30	36,20	0,80
Curci	grasă	55,50	21,10	22,90	1,00
	medie	65,60	24,70	8,50	1,20

Tabelul 5.15. Compoziția chimică medie a cărnii de vânat

Specia	Apă, %	Protide, %	Lipide, %	Minerale, %
Rață sălbatică	69,90	23,80	3,69	0,93
Prepeliță	68,60	22,80	7,60	1,00
Potârniche	71,96	25,26	1,43	1,39
Fazan	73,47	26,15	1,98	1,16
Porumbel	75,10	22,10	1,02	1,02
Iepure	74,60	23,10	1,97	1,19
Capră neagră	77,10	19,54	1,78	1,08
Căprioară	75,76	20,55	1,92	1,13
Mistreț	72,55	20,10	6,63	1,10
Urs	75,79	21,20	5,82	1,20

Rasele pentru carne sunt caracterizate prin aceea că au corpul cu musculatură bine dezvoltată, forme anatomice rotunjite. Aprecierea taurinelor pentru carne se face cu ajutorul criteriului de conformitate, pentru care se aplică metode pe bază de punctaj sau stare de îngrășare.

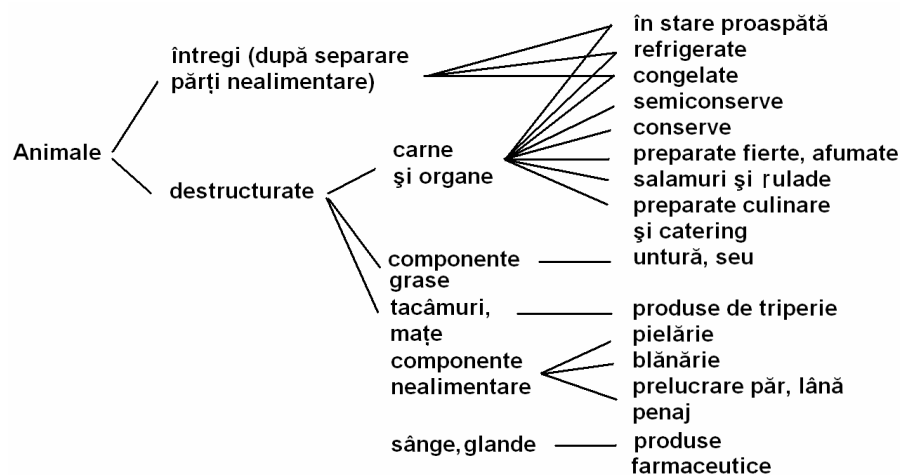


Fig. 5.8. Principalele direcții de industrializare a animalelor domestice.

Valoarea nutritivă și alimentară a cărnii depinde de rasă, ce definește calitatea animalelor de unde provine, la care se adaugă categoria de vârstă în care se încadrează, starea de nutriție și de calitate relativă în raport cu regiunea corporală

Suinele sunt animale cu o mare disponibilitate pentru industrializare, iar rasele de porcine se împart, după valoarea morfoproductivă în rase de carne și rase de grăsime, fiind de proveniență locală primitivă, de import și ameliorate, în fermele de creștere regăsindu-se în totalitate metiși cu caracteristici specifice direcției de industrializare.

Ovinele constituie o categorie importantă de animale care sunt crescute pentru carne, pentru lână, pentru lapte, pentru pielicele sau mixte. În funcție de vârsta la care sunt sacrificate, ovinele pot fi: ovine adulte, batali, miei îngrășați de până la un an și miei de lapte de maxim două luni.

Calitatea ovinelor și a cărnii de la ovinele adulte se poate aprecia după masa în viu a animalului, gradul de dezvoltare a masei musculare și depunerile de grăsime.

Păsările domestice au o carne a cărei valoare alimentară este recunoscută prin conținutul ridicat în proteine și săruri minerale, digestibilitate bună, conținut în grăsimi scăzut la galinaceae, calități gustative și dietetice. Ca și în cazul animalelor domestice, păsările sunt crescute pentru carne, ouă și mixte, provenind din rase autohtone, importate și ameliorate.

Tabelul 5.16. Compoziția chimică medie a cărnii unor specii de pește

Specia	Apă, %	Protide, %	Lipide, %	Săruri minerale, %
Biban	80,10	19,06	0,38	0,50
Caras	76,71	18,2	2,80	1,15
Crap	73,04	16,10	10,12	0,84
Morun	76,25	17,56	4,70	1,04
Nisetru	67,75	18,50	17,36	1,23
Păstrăv	77,50	20,10	2,20	0,55
Scrumbie	57,62	14,23	25,95	1,03
Somn	63,57	16,87	18,83	1,30
Stavrid	77,40	16,60	5,10	0,90
Șalău	78,46	19,41	0,41	1,17
Știucă	79,70	19,19	0,43	1,21

Peștele constituie unul dintre cele mai importante alimente pentru organismul uman, acoperind aproximativ 11 % din necesarul alimentar zilnic. Din întreaga cantitate pescuită anual 41 % este valorificată în stare proaspătă sau congelată, 16 % este conservată prin sărare, afumare sau uscare, 10 % este prelucrată sub formă de conserve, iar 33 % constituie materia primă la obținerea uleiurilor și a făinii furajere.

În funcție de mediul în care trăiesc se deosebesc pești de apă dulce (somon, știucă, șalău, crap, caras, plătică, lin, roșioară, păstrăv, biban, etc.), pește marin (ton, stavrid, nisetru, morun, păstrugă, cod, somon, sardele, hamsii, macrou, hering, etc) și unele mamifere marine (delfin, cașalot, balenă).

Valoarea alimentară a peștilor este determinată în mod direct de raportul dintre diferitele părți componente comestibile și necomestibile, compoziția chimică a cărnii de la unele specii de pești fiind prezentată în tabelul 5.16.

Laptele, reprezintă o emulsie de grăsimi într-o soluție apoasă și care conține numeroase alte substanțe sub formă coloidală (substanțe pectice) sau în stare dizolvată (lactoză, săruri minerale, vitamine, etc.). El constituie, prin conținutul bogat și variat în substanțe nutritive (figura 5.9), mai ales proteine, un aliment foarte valoros în hrana omului.

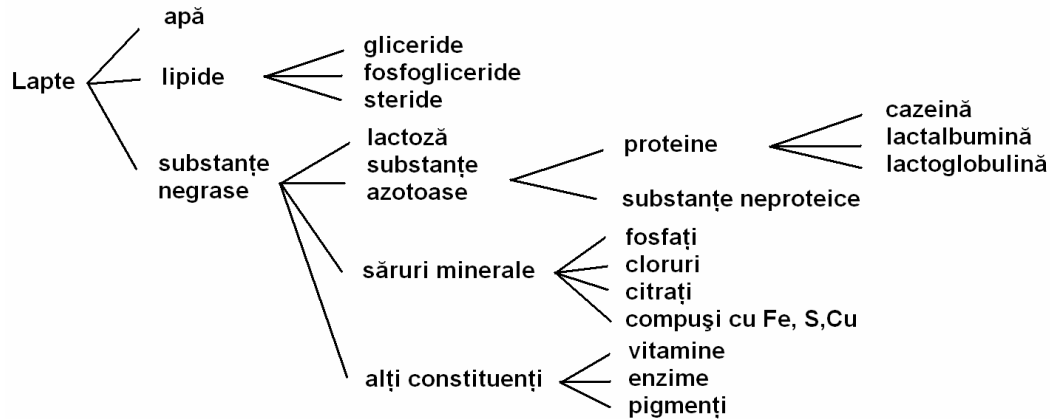


Fig. 5.9. Principalii constituenți chimici ai laptelui

Compoziția chimică a laptelui este dependentă de specia animalului producător, de rasă, de regimul de furajare, vârstă, ponderea principalilor componenți chimici fiind prezentată în tabelul 5.17. Ca urmare a variației cantitative a concentrației unor componenți, unele tipuri de lapte au proprietăți mult diferențiate și acest lucru presupune tehnologii adecvate de prelucrare.

Materia primă principală pentru industria alimentară este laptele de vacă, alături de care se mai adaugă, cu pondere relativ redusă, laptele de oaie, bivoliță și mai puțin laptele de capră.

Ouăle, sub aspect nutritiv conțin toate substanțele necesare organismului, iar prin gradul ridicat de digerabilitate a componentelor constituie un aliment deosebit de important mai ales în hrana copiilor și a bolnavilor.

Tabelul 5.17. Compoziția chimică medie a laptelui

Componentul, %	Proveniența laptelui			
	vacă	oaie	bivoliță	capră
Apă	87,5	83,0	81,5	87,1
Substanță uscată totală	12,5	17,2	18,5	13,0
Substanță uscată grasă	9,0	10,2	10,3	8,9
Cazeină	2,8	4,6	3,6	3,2
Lactalbumină + lactoglobulină	0,6	1,1	0,7	1,0
Lipide	3,5	6,8	8,2	4,1
Lactoză	4,5	4,5	5,0	4,6
Cenușă	0,75	0,85	0,8	0,8

Oul este alcătuit din coajă, membrane cochilifere, albuș, gălbenuș și camera de aer, ponderea fiecărei părți fiziologice și compoziția chimică fiind prezentate în tabelul 1.18. Cele mai folosite în alimentație sunt ouăle de găină, urmate ca importanță de ouăle de rață, curcă și găscă.

Albușul, dar în special gălbenușul conțin elemente importante pentru organism precum protide (cea mai reprezentativă fiind ovovitelina), lipide formate din gliceride, fosfatide, colesterol, săruri ale fosforului, fier, magneziu, calciu, potasiu și sodiu, vitaminele A, B₁, B₂ și D, enzime și substanțe colorante.

Tabelul 5.18. Structura și compoziția medie a ouălor

Componenta, %	Specia de proveniență			
	găină	rață	gâscă	curcă
Albuș	57,0	55,3	47,9	60,5
Gălbenuș	32,0	34,1	37,7	26,2
Coajă	10,9	10,6	14,4	13,3
Apă	72,5	70,1	70,4	72,6
Protide	13,3	13,0	13,9	13,2
Lipide	11,6	14,5	13,3	11,7
Substanțe minerale	1,1	1,0	1,1	0,8

Produsele apicole. Apicultura oferă o serie de produse care constituie materii prime deosebit de importante, atât pentru industria alimentară, cât și pentru cea farmaceutică și a produselor cosmetice. Ca produse apicole se pot menționa mierea, polenul, ceara, propolisul, lăptișorul de matcă și veninul de albine.

Mierea este un aliment foarte valoros prin conținutul bogat în glucide (75-80 %), săruri minerale (de calciu, sodiu, fosfor, aluminiu, fier, siliciu, magneziu), microelemente (nichel, plumb, argint, crom), vitamine (A, B, C, P, K), circa 20 de aminoacizi, toate acestea având acțiune tonifiantă, energizantă, terapeutică și dietetică. Mierea se colectează și se prelucrează în funcție de flora din care este obținută: meliferă (plante de cultură, floarea-soarelui) sau spontană (tei, salcâm, flori de pe pajiști naturale).

5.3.3. Materii prime auxiliare și materiale folosite în industria alimentară

În procesele tehnologice de obținere a produselor alimentare, pe lângă materiile prime de bază, se mai folosesc o serie de materii prime auxiliare și materiale care contribuie la obținerea și definitivarea însușirilor produsului alimentar. Cu pondere diferită, ele sunt utilizate la prepararea alimentelor, condiționarea și stabilizarea biologică, îmbunătățirea însușirilor sau creșterea nivelului calitativ prin gust, aromă, culoare, aspect.

Materiile prime auxiliare se regăsesc într-o gamă largă în industria alimentară, cercetările în domeniu diversificând continuu această gamă. De asemenea, s-au realizat materiale de adaos obținute pe cale sintetică, dar a căror utilizare este restrictivă, necesitând avizul organismelor de specialitate.

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească materiile prime auxiliare și materialele sunt următoarele:

- să mențină sau să sporească valoarea nutritivă a produsului;
- să fie demonstrată experimental inocuitatea lor;
- utilizarea să fie motivată tehnologic;
- să fie utilizat cu preponderență un produs natural, în dauna celui sintetic, acesta din urmă trebuind să fie chimic pur, cu prescripție pentru industria alimentară, urmând a fi declarat obligatoriu și vizibil pe ambalajul produsului;
- pentru acestea să fie metode de analiză simple și eficiente.

Apa, factor indispensabil vieții, este necesară în industria alimentară fiind consumată în limite foarte largi, în funcție de subramură, produsul final și tehnologia utilizată, asigurarea ei în cantități și indicatori de calitate necesari fiind un factor determinant în procesul de fabricație.

Necesitățile față de apă din industria alimentară se grupează după folosință în apă potabilă și apă nepotabilă sau industrială, sursele de apă fiind naturale (ape de suprafață și de adâncime) sau de la rețeaua publică.

Tabelul 5.19. Condițiile de admisibilitate ale apei potabile

Denumirea caracteristicii	Limita admisibilă
Calciu	max. 75 mg/l
Magneziu	max. 50 mg/l
Cloruri	max. 200 mg/l
Sulfați	max. 200 mg/l
Azotați	max. 10 mg/l
Fier	max. 0,1 mg/l
Cupru	max. 1 mg/l
Zinc	max. 5 mg/l
Duritate totală	max. 20 grade germane
Duritate permanentă	max. 12 grade germane
Bacili coli la 1 litru de apă	max. 10
Organisme vizibile cu ochiul liber (ouă, larve, paraziți)	absent

Apa potabilă trebuie să corespundă normelor bacteriologice specifice apei de băut (tabelul 5.19), fiind utilizată pentru:

- utilități tehnologice: proces de fabricație, spălare și curățire utilaje, ambalaje;
- utilități menajere: apă de băut, grupuri sociale, spălătorii;
- utilități generale ale societăților cu profil alimentar: spălare, igienizare spații de producție;
- necesități de răcire sau încălzire a produselor prin contact direct și a celor care, prin deteriorarea utilajelor sau instalațiilor, există pericolul ca apa să intre în contact cu produsul.

Apa industrială sau nepotabilă trebuie să aibă un circuit separat de cel al apei potabile și se folosește pentru utilități tehnologice de răcire (agregate frigorifice, condensatori barometrici, transport hidraulic, centrale termice).

În urma proceselor tehnologice rezultă apă reziduală care, prin tratamente de epurare mecanice, chimice și biologice, poate fi folosită ca apă industrială și apă degradată care nu mai poate fi folosită în industria alimentară.

Impuritățile pe care le conține apa se prezintă sub formă de suspensii mecanice sau coloidale, dând turbureala apei.. Din acest punct de vedere calitatea apei este reprezentată de reziduul uscat (în mg/l apă), obținut prin evaporarea și uscarea reziduului la temperatura de 100-110 °C. Prin calcinarea reziduului la cca. 800 °C se obține reziduul fix, care determină conținutul în substanțe minerale.

Tabelul 5.20. Clasificarea apei după gradul de duritate

Denumirea apei	Conținutul de CaO, în mg/l	Duritate totală, ° germane
Foarte moale	50	5
Moale	50-100	5-10
Semidură	100-200	10-20
Dură	200-300	20-30
Foarte dură	300-500	30-50

Un indicator important al calității apei este duritatea ei, determinată de conținutul în săruri de calciu și magneziu. Duritatea temporară reprezintă conținutul de bicarbonați de calciu și magneziu din apă care, prin fierberea ei precipită în carbonați neutri sau bazici. Duritatea permanentă reprezintă conținutul de săruri de calciu și magneziu care rămân în apă după fierbere, sub formă de sulfați, cloruri, fosfați, etc. Suma celor două durități reprezintă duritatea totală a apei, o clasificare a apei după gradul de duritate fiind prezentată în tabelul 5.20.

Unitatea de măsură a durității apei este gradul de duritate german (cel mai uzual), englez sau francez, respectiv echivalenții în calciu și magneziu la un litru de apă.

Sarea comestibilă sau clorura de sodiu este prezentă în alimente atât pentru proprietățile gustative, cât mai ales pentru conservarea produselor alimentare prin sărare și în desfășurarea unor procese tehnologice.

Sarea îndeplinește un rol fiziologic important în menținerea echilibrului osmotic. Pe de altă parte, componentele sale clorul și sodiul, amestecându-se cu substanța proteică împiedică activitatea microorganismelor proteolitice.

În industria cărnii sarea este folosită pentru formarea gustului și aromei produselor, la conservarea prin sărare a cărnii, asociată cu afumarea sau pasteurizarea ei. De obicei, la sărarea cărnii de porc se folosește saramură cu o concentrație de 20-24 %, prin care se asigură o mai bună legare a apei și repartizarea uniformă a saramurii în țesuturile animale. Sarea se utilizează și la obținerea bradului și șrotului sau la prepararea compoziției pentru umplerea membranelor, cantitatea de sare adăugată fiind de 2,6-2,8 %.

În industria prelucrării peștelui metoda cea mai simplă și economică de păstrare este sărarea peștelui: uscată (25-30 % sare) sau folosind saramura (10-24 % sare), caz în care peștele este supus operației de afumare.

Sarea este folosită în industria laptelui în special la fabricarea brânzeturilor unde, pe lângă gust, contribuie la eliminarea zerului din caș, formarea cojii sau crustei, la desfășurarea în condiții bune a procesului de maturare și nu în ultimul rând la mărirea perioadei de păstrare. În general cantitatea de sare din brânzeturile sărate reprezintă un procent de 1,5-2,5 %.

Pentru a putea fi folosită în industria laptelui sarea trebuie să îndeplinească următoarele condiții de calitate: conținutul în clorură de sodiu de 93-97 %, săruri de fier maxim 2 mg/kg, săruri de cupru maxim 0,5 mg/kg, umiditate maximă de 2 %, fără săruri de magneziu, culoare albă și reacție neutră față de turnesol.

La conservarea legumelor sarea se folosește în primul rând pentru însușirile gustative (procentul variază între 0,5-8 %) dar și la conservarea legumelor în saramură (se folosește o soluție concentrată de 0,3-0,8 %, urmată de o sterilizare la 120 °C). Întrucât la concentrații mai mari de 8 % sarea contribuie la distrugerea microorganismelor, ea poate fi utilizată la conservarea legumelor prin suprasărare.

Sarea este utilizată la obținerea grăsimilor hidrogenate pentru ameliorarea gustului și creșterea stabilității și duratei de conservare.

În industria de panificație sarea contribuie la formarea scheletului glutenic, îmbogățind structura aluatului.

Uleiurile vegetale folosite în alimentație sunt de regulă din floarea-soarelui și soia, caracterizate printr-o rezistență mare la păstrare. Ele sunt folosite la prăjirea peștelui și prepararea sosurilor pentru conservele de pește, la conservele de legume în ulei, dar și ca lichid de acoperire a produselor în recipiente (cutii metalice, borcane).

Adaosul de ulei la fabricarea produselor de panificație determină o îmbunătățire a calităților gustative și valorii calorice, produsele devin fragede iar durata de păstrare crește.

Uleiurile vegetale constituie și materia primă de bază la fabricarea grăsimilor hidrogenate și interesterificate.

Zahărul este întrebuințat în cea mai mare măsură la fabricarea conservelor. În cantitate mare are rol de conservant la fabricarea marmeladelor, siropurilor de fructe, dulceții, compotului, etc. Zahărul se folosește ca atare (în cele trei forme: tos, pudră sau bucăți), fie sub formă de sirop de zahăr. În unele cazuri pentru îndulcirea sau conservarea unor produse alimentare se întrebuințează și alte substanțe îndulcitoare precum glucoza, xiloza, sorbitolul, rezultând produse dietetice.

Dioxidul de carbon, obținut din surse naturale sau în urma unor procese tehnologice, se purifică și se îmbuteliază sub presiune în butelii metalice, fiind folosit la saturarea unor lichide (apă minerală, sucuri) și la purificarea zemii de difuziune în procesul de extracție a zahărului din sfecla de zahăr.

Membranele sunt acele învelișuri utilizate la preparatele din carne, având ca scop determinarea formei și dimensiunilor dorite, asigurând în același timp o protecție a acestora față de mediul exterior. După proveniență membranele sunt naturale (provin de la sacrificarea animalelor) și artificiale (obținute din pelicule de materiale plastice, din materiale vegetale sau animale).

Materiile prime auxiliare pentru îmbunătățirea structurii produselor alimentare, cunosc o largă utilizare în industria alimentară și se grupează după acțiunea pe care o exercită în raport cu acestea.

Substanțele gelifiante sunt folosite datorită proprietății lor de a forma soluții vâscoase, prin dizolvarea acestora în apă rece sau caldă. Gelurile conferă anumitor produse alimentare o menținere sau creștere a omogenității și un aspect îmbunătățit. Dintre substanțele gelifiante cel mai des utilizate sunt gelatina alimentară sau de origine animală, pectina, algiinații, agar-agarul obținut din alge marine, amidonul, gumele vegetale rezultate din rășini vegetale, metilceluloza, carboximetilceluloza, etc.

Materialele sechestrante, ce reacționează cu unele componente și pe care le transformă în compuși stabili cu blocarea unor influențe nedorite, sunt reprezentate de acidul etilen-diamino-tetraacetic, acetati, citrați, gluconati, etc.

Materialele umectante, cu rol de mărire a capacității hidrofile a maselor cu care se asociază, sunt reprezentate de propilenglicol, glicerină, sorbitol, manitol, etc.

Materii prime auxiliare pentru crearea de noi particularități, se adaugă în procesul de fabricație cu rolul de a imprima acestora caracteristici organoleptice noi, o altă structură și pentru a le mări valoarea energetică.

Emulgatorii sunt substanțe care îmbunătățesc calitatea emulsiilor alimentare prin dispersarea substanțelor grase, reducerea vâscozității, formând cu apa soluții coloidale. Lecitina și gliceridele sunt emulgatori naturali, la aceștia adăugându-se tot mai mulți emulgatori obținuți pe cale sintetică.

Substanțele plastifiante sunt utilizate pentru obținerea unor mase omogene. Astfel, în industria cărnii, la obținerea bradului și a conservelor de carne tocată se folosesc polifosfați de sodiu, calciu și potasiu, cu scopul de a mări capacitatea de hidratare și legarea compoziției, în timp ce la fabricarea brânzeturilor topite se folosesc polifosfați, citrați și lactații de Ca, K și Na, pentru a stabiliza emulsia de grăsimi și solubiliza substanțele proteice.

Materiile prime auxiliare pentru îmbunătățirea însușirii produselor, sunt de natură vegetală, animală, minerală sau obținute pe cale sintetică, cu rol de îmbunătățite a caracteristicilor organoleptice și a valorii nutritive.

Substanțele de intensificare a gustului și aromei, au rolul de a conferi produselor alimentare gust și miros plăcut, stimulând organele de simț și secreția sucurilor gastrice.

Substanțele îndulcitoare imprimă produselor alimentare gustul plăcut și sunt naturale (zahăr, xiloză, sorbitol) sau produse de sinteză (zaharină, ciclamați).

Acidifiantii sau acizii alimentari, modifică favorabil gustul produsului și prelungesc durata de păstrare. Principalii acizi alimentari și domeniile de utilizare sunt: acidul acetic (conserve de carne, legume, pește), acidul lactic (conserve de legume, produse zaharoase, panificație), acidul citric (conserve, grăsimi vegetale, produse zaharoase), acidul tartric (conserve de legume și fructe, produse zaharoase, vinificație), acidul malic (produse zaharoase) și acidul oleic (antispumant la fermentarea plămezelor).

Condimentele sunt produse vegetale având rolul de a îmbunătăți însușirile organoleptice ale alimentelor. Sunt folosite sub formă de uleiuri eterice (limonenul și pinenul), semințe, fructe, flori, coajă, rădăcini, bulbi.

Unele condimente au doar valoare condimentară (piper, scorțișoară, foi de dafin, cimbru, mărar, tarhon, cuișoare, vanilie, anason, chimen, coriandru, enibahar, etc.), altele au, pe lângă valoare condimentară și valoare alimentară (ceapă, usturoi, hrean, pătrunjel, țelină).

Substanțele aromatizante imprimă arome plăcute produselor alimentare, îmbunătățindu-le însușirile organoleptice. Aromele naturale, obținute prin extracție sau distilare din diferite părți ale plantelor, sunt sub formă de uleiuri eterice (ulei de citrice, anason, mentă, migdale amare, macerate din plante, vanilia). Aromele sintetice sunt esteri ai acizilor grași saturați, din această categorie fiind utilizate diacetilul, vanilina, etilvanilina, zahărul vanilat).

Materialele auxiliare pentru creșterea valorii nutritive a produselor alimentare, sunt produse finite ale diferitelor subramuri, ce se adaugă în diverse alimente cu scopul de a le mări valoarea energetică și biologică

Din grupa acestor materiale se pot menționa: materiale îndulcitoare (zahăr, miere, glucoză, extract de malț, zaharină, fructoză, rahat alimentar, etc.) xiloza, laptele și produsele lactate (lapte praf, integral, condensat, concentrat, brânzeturi, cazeină, zer, zară), vitamine, materii grase, ouă, făina de grâu, legume, fructe, praf de cacao, etc.

Substanțele de îmbunătățire a culorii sau coloranții alimentari, sunt de proveniență:

- naturală: roșii (oenocianina, betamina), galbeni (șofranul, carotenoizii), verde (clorofila), brun (caramelul);
- sintetică: roșii (amarantul, eritrozina), galben (tartrazină), portocaliu (oranj GGN), violet (indigotin).

Substanțe de fixare și intensificare a culorii și gustului. Substanțele de intensificare a gustului sunt utilizate cu precădere la conservele de carne, pește și legume, cele mai folosite fiind glutamatul monosodic, ribonucleotidele și maltolul. Substanțele revelatoare ale culorii sunt nitriții și nitrații, folosiți în industria cărnii, iar substanțele de albire precum acidul ascorbic și bioxidul de sulf la legume, în timp ce peroxizii și clorul sunt folosiți la făinuri.

Hidrolizatele proteice sunt produse condimentare obținute din materii prime cu conținut ridicat în proteine (min. 30 %), supuse unei hidrolize chimice sau enzimatică. Astfel se obțin preparate cu valoare energetică redusă, dar puternic stimulatoare de gust și aromă. Au funcții de condimentare, în special a sosurilor și supelor, înlocuind extractele de carne. De regulă, la hidrolizatele proteice se adaugă amelioratori de gust și aromă, în special glutamatul de sodiu, ionizat disodic sau guanilat de sodiu.

Materii prime auxiliare care favorizează procesele biotehnologice. Sunt acele substanțe care contribuie la desfășurarea unor procese fermentative și de maturare a produselor alimentare. Aici se pot menționa culturile de drojdii selecționate din familia *Saccharomyces* (*apiculata*, *pasteurianus*, *ellipsoideus*, *oviformis*, în industria de vinificație, *cerevisiae* și *carlbergensis* în industria berii, *cerevisiae* și *anamensi* în industria spirtului), bacterii lactice (*lactobacillus*, *streptococcus lactic* și *bacterium caucasium* la produsele lactate acide) și culturi de mucegaiuri (*aspergillus niger*, *amavory* și *oryzae* la zaharificarea plămezilor în industria spirtului).

Materii prime alimentare și materiale pentru condiționarea și stabilizarea produselor alimentare. O mare diversitate de substanțe și produse participă la condiționarea și stabilizarea structurii produselor alimentare. În funcție de rolul și acțiunea pe care o exercită asupra produselor aceste substanțe se clasifică astfel:

- *substanțe antioxidante*: acidul norhidroguaietic, butilhidroxianisolul, butilhidroxitoluolul, esterii acidului galic, acidul ascorbic, bioxidul de sulf;
- *substanțe conservante*: bioxidul de sulf, acidul formic, acidul benzoic, acidul ascorbic, acidul propionic, benzoatul de sodiu;
- *substanțe cu acțiune de inhibare a enzimelor*: bioxidul de sulf, acidul ascorbic;
- *substanțe cu acțiune de agenți sechestrați*: acidul diamonotetraacetic, acidul citric, polifosfați;
- *substanțe de limpezire și clarifianți*: enzime pectolitice, gelatina, albușul de ou, bentonita, cleiul de pește, taninul, fitatul de calciu, ferocianura de potasiu, cărbune și pământ decolorant, etc.;
- *substanțe cu rol de protecție a sistemelor coloidale*: pectine, gume naturale, metilceluloza;
- *substanțe anticoagulante*: acid citric, polifosfați.

Materiale pentru dezinfectare și igienizare. Pentru distrugerea agenților patogeni se folosesc materiale dezinfectante cele mai cunoscute fiind clorul și compușii clorului (clorura de var, hipocloritul de calciu și sodiu, cloraminele, etc), sărurile de amoniu. În vederea curățirii suprafețelor de lucru ale utilajelor cu care alimentele vin în contact, se utilizează substanțe de înmuiere și spălare (carbonat de sodiu, fosfați, substanțe tensioactive), precum și substanțe

antiseptice și dezinfectante folosite la conservarea produselor alimentare care, adăugate în cantități mici, realizează combaterea diverselor infestări cu microorganisme (azotatul de potasiu, perhidrolul, acidul benzoic, benzoatul de sodiu, clorura de var, aldehida formică, fungicide, schimbători de ioni, etc.)

Agenții tehnologici sunt materiale care se regăsesc aproape în toate tehnologiile de fabricație și au ca scop transportul căldurii în și din proces, cei mai importanți agenți fiind apa caldă, aburul, aerul cald, grăsimile folosite ca agenți termici, apa rece, gheața hidrică și carbonică, azotul lichid, saramura, agenți frigorifici (amoniac, clorura de metil, freoni).

5.3.4. Ambalaje și materiale pentru ambalarea produselor alimentare

Ambalarea produselor alimentare constituie o problemă extrem de importantă întrucât prin aceasta trebuie să se asigure produsului protecția contra deteriorării lui sau acțiunii nedorite a mediului înconjurător în care sunt transportate, păstrate sau depozitate, păstrarea integrității și calității. De asemenea, ambalajele produselor alimentare trebuie concepute astfel încât să realizeze o influențare psihologică favorabilă consumatorului, dar și unități raționale de manipulare și transport a acestora.

Ambalajele destinate produselor alimentare trebuie să îndeplinească o serie de cerințe specifice: să asigure protecție mecanică (produsele sunt supuse la solicitări mecanice în timpul transportului, depozitării și desfacerii), protecție chimică (calitatea produselor este influențată de procesele chimice și electrochimice care au loc la suprafața de contact dintre produs și mediul exterior), protecție împotriva microorganismelor (în contact cu mediul exterior pot interveni infestări cu microorganisme), protecție împotriva insectelor și rozătoarelor, împotriva luminii (în unele cazuri).

Materialele din care se confecționează ambalaje pentru produsele alimentare se clasifică astfel:

- ambalajele metalice se pot confecționa din
 - tablă de oțel neprotejată (neagră sau neagră decapată);
 - tablă de oțel protejată (cositorită sau galvanizată);
 - tablă din materiale neferoase (cupru și aluminiu);
 - foițe metalice (cositor sau staniol, aluminiu);
- ambalaje din sticlă
 - ambalaje cu gât îngust (butelii);
 - ambalaje cu gât larg (borcane);
- ambalaje din hârtie (hârtie obișnuită, hârtie uleiată, hârtie pergaminată, hârtie cașerată, carton ondulat);
 - ambalaje din lemn;
 - ambalaje din materiale plastice (polietilenă de joasă presiune, clorură de polivinil, rislan, acetat de celuloză, siliconi, polipropilena, etafoamul, icefanul, phanolanul, vitafilm, cryovac, polistiren foam, clorura de polivinilidină, polisteroli, poliesteri, politeraftalatul de etilenglicol, etc.);
 - ambalaje complexe (se obțin prin suprapunerea diferitelor materiale precum hârtie cu aluminiu, hârtie cu materiale plastice, aluminiu cu materiale plastice, etc.).

VI. TEHNOLOGII DE CONSERVARE ȘI INDUSTRIALIZARE A LEGUMELOR ȘI FRUCTELOR

În general, procedeele de conservare a alimentelor (aici fiind incluse atât legumele cât și fructele rezultate în urma operației de recoltare) se pot clasifica după principiile biologice care stau la baza lor și anume:

- **bioza** sau păstrarea produselor în stare proaspătă;
- **anabioza** sau principiul biologic al vieții latente, se bazează pe încetinirea fenomenelor vitale atât a produselor, cât și ale microorganismelor dăunătoare;
- **cenoanabioza**, constă în asigurarea unor condiții favorabile dezvoltării anumitor microorganisme cu acțiune bacteriostatică sau procese biochimice de maturare;
- **abioza** sau lipsa de viață, constă în distrugerea microorganismelor din produse folosind agenți externi.

Starea de anabioză a unui produs alimentar se poate realiza prin următoarele mijloace:

a) fizice

- refrigerarea (*psihroanabioza*) și care constă în păstrarea produselor la temperaturi scăzute, deasupra punctului de congelare;
- congelarea (*crioanabioza*), constă în congelarea unei părți din apa conținută de produs;
- uscarea (*xeroanabioza*), presupune scăderea conținutului în apă a produsului, sub limita necesară desfășurării proceselor vitale ale agenților biologici;
- sărarea (*haloosmoanabioza*) determină creșterea presiunii osmotice prin deshidratarea parțială a microorganismelor;
- zaharare sau adăugarea de zahăr (*sacchroosmoanabioza*), se bazează pe realizarea fenomenului de plasmoliză;

b) chimice

- acidifiere artificială, folosind acidul acetic (*acidoanabioza*);
- păstrare în spații cu gaze inerte precum CO₂ sau N₂ (*anoxianabioza*);
- păstrare în spații sub presiune de bioxid de carbon (*narcoanabioza*);

Starea de cenoanabioză a unui produs alimentar se pot realiza astfel:

- prin sărare slabă (*halocenoanabioza*);
- prin acidifiere naturală, rezultată în urma fermentației lactice (*acidocenoanabioza*);
- cu produse fermentate alcoolice (*alcoolicenoanabioza*).

Starea de abioză a unui produs alimentar se obține prin următoarele mijloace:

a) mecanice

- filtrare sterilă, folosind tehnicile de membrană (*sestoabioza*);
- păstrare în mediu aseptice (*aseptoabioza*);

b) fizice

- pasteurizare și sterilizare termică, utilizând căldura prin tehnicile clasice sau cu ajutorul radiațiilor infraroșii, a microundelor, prin încălzire ohmică, încălzire indirectă cu efect Joule, etc. (*termoabioza*);
- pasteurizare și sterilizare cu radiații gamma, ultraviolete, electroni accelerați (*radioabioza*);

c) chimice

- tratamente cu antiseptici (*antiseptoabioza*);
- tratamente cu antibiotice.

Produsele alimentare conservate pe principiile anabiozei și cenoanabiozei, asigură durate de păstrare limitate, determinate de însăși acțiunea agenților de conservare utilizați.

Conservarea pe principiul abiozei conferă produselor alimentare cea mai mare durată de păstrare, teoretic nelimitată. Cu toate acestea, o serie de modificări de natură chimică ce au loc în produse sau interacțiunile dintre diverșii constituenți, duc la o limitare în timp a duratei de păstrare a lor.

6.1. Tehnologii de conservare prin frig a legumelor și fructelor

Marea varietate și complexitate a produselor alimentare de origine vegetală este determinată, din punct de vedere fizico-chimic, de faptul că acestea se pot prezenta de la faza complet lichidă până la faza complet solidă, de la soluții apoase simple și până la dispersii coloidale complexe. Scăderea temperaturii lor încetinește sau blochează principalele modificări ce au loc în timpul păstrării.

Utilizarea tehnologiilor frigorifice permite asigurarea unor condiții optime de păstrare, transport și distribuție a legumelor și fructelor, cu pierderi minime de substanțe nutritive. Totodată, se înregistrează consumuri mici de energie și materiale auxiliare, comparativ cu alte tehnologii de conservare.

În practică, în industria alimentară se folosesc trei metode de conservare cu ajutorul frigului și care sunt refrigerarea, congelarea și liofilizarea.

Utilizarea corectă a tehnologiilor de conservare prin frig a legumelor și fructelor presupune o bună cunoaștere a proprietăților fizice și chimice ale acestora, precum și felul în care ele reacționează la scăderea temperaturii.

În funcție de structura lor produsele de origine vegetală pot fi: structuri cu celule intacte (toate legumele și fructele proaspete), cu celule complet distruse (pireurile sau pastele de legume și fructe) sau cu celule parțial distruse (sucuri de legume și fructe).

Proprietățile termofizice ale produselor alimentare de origine vegetală sunt determinante la calculul necesarului de frig și la stabilirea parametrilor tehnologici de răcire și de congelare. Datorită complexității structurii, a modului de legare a apei și a caracterului forțelor de legătură dintre constituenți, proprietățile termofizice au valori cu domenii mari de variație.

Principalele proprietăți termofizice sunt: densitatea, căldura masică specifică, căldura latentă specifică de solidificare, entalpia specifică, conductivitatea și difuzivitatea termică.

Căldura masică specifică a unui produs alimentar reprezintă raportul dintre cantitatea de căldură Q necesară a fi transferată unui produs cu masa m , pentru a-și modifica temperatura cu ΔT , în anumite condiții și fără schimbarea stării de agregare:

$$c_p = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad [kJ / kg \cdot K] \quad (6.1)$$

Când produsul alimentar este alcătuit din n componente, componentul i având participația masică $\mu_i = m_i / m$ și căldura specifică c_{p_i} , căldura specifică a produsului poate fi calculată cu relația:

$$c_p = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot c_{p_i} = \mu_1 \cdot c_{p_1} + \mu_2 \cdot c_{p_2} + \dots + \mu_n \cdot c_{p_n} \quad (6.2)$$

În tabelul 2.1 sunt prezentate valori ale căldurilor masice specifice la câteva produse alimentare vegetale, pentru diferite temperaturi.

Căldura latentă specifică de solidificare a unui produs alimentar variază direct proporțional cu participația apei în produs μ_a [kg apă/kg produs], după relația:

$$\rho_{l_s} = 333,1 \cdot \mu_a \quad [kJ / kg] \quad (6.3)$$

în care 333,1 reprezintă căldura latentă de solidificare a apei [kJ/kg].

Valorile căldurii latente specifice de solidificare sunt cuprinse între 217-318 [kJ/kg] la majoritatea legumelor și între 250-305 [kJ/kg] la cele mai multe dintre fructe.

Entalpia specifică este o mărime termică de stare, cu ajutorul căreia se determină necesarul de frig în procesele tehnologice de răcire a produselor alimentare. Dacă un produs de masă m [kg] cu temperatura T_0 [K] urmează a fi răcit până la temperatura T_1 , atunci cantitatea de căldură ce trebuie extrasă din produs va fi:

$$Q = m \cdot (i_0 - i_1) \quad [kJ], \quad (6.4)$$

Tabelul 6.1. Variația căldurii masice specifice cu temperatura pentru câteva produse vegetale

Temperatura (°C)	Produsul (procentul de apă)						
	mazăre (80 %)	morcov (88 %)	fasole verde (68,6 %)	tomate (94,8 %)	mere (83,7 %)	piersici (89,6 %)	căpșuni (90,9 %)
10	3,43	3,89	3,27	3,68	3,73	3,81	4,02
4	3,43	3,89	3,27	3,68	3,73	3,81	4,02
-12	3,81	4,10	2,85	3,31	4,48	4,27	3,85
-18	2,93	2,97	2,13	2,60	2,89	3,22	2,85
-23	2,47	2,43	1,76	2,18	2,22	2,60	2,43
-29	2,18	2,13	1,55	1,97	1,93	2,22	2,22
-34	2,01	1,97	1,51	1,80	1,80	1,93	2,13
-40	1,88	1,84	1,51	1,67	1,76	1,72	2,09

Tabelul 2.2. Caracteristicile termofizice ale legumelor

Produsul	conductivitatea termică λ , W/m.K	căldura specifică c_p , J/kg.K	difuzivitatea termică $a \cdot 10^8$, m ² /s	temperatura de îngheț °C
Cartofi	0,592-0,626	3605-3640	15,8-16,6	-1,2
Morcovi	0,584-0,625	3725-3850	16,2-16,9	-1,8
Sfeclă	0,603-0,630	3645-3850	16,4-17,2	-1,6
Varză	0,986-1,321	3680-3940	27-32	-0,9
Vinete	0,364-0,375	3815-3960	11,5-12,2	-0,92
Ceapă	0,410-0,486	3520-3745	12,7-13,6	-1,62
Castraveți	0,425-0,484	3935-4110	10,8-11,7	-0,8
Mazăre verde	0,260-0,310	3258-3394	12,4-13,1	-1,05
Ciuperci		3762-3941		-1,1
Dovlecei		3852-4019		-1,2
Ardei		3896-3974		-0,8
Tomate	0,563-0,652	3925-4036	13,8-14,7	-0,85
Fasole păstăi		3710-3864		-1,35
Usturoi		3110-3250		-2,57
Salată		3987-4120		-0,68
Ridiche		3932-4053		-1,05

în care i_0 și i_1 sunt entalpiile specifice (J/kg) corespunzătoare temperaturilor T_0 și T_1 .

Dacă un produs este alcătuit din n componente, pentru componentul i având participația masică μ_i și variația de entalpie specifică Δi_i , cantitatea de căldură ce trebuie extrasă de la 1 kg produs este egală cu variația de entalpie specifică a produsului Δi_p și se determină cu relația:

$$\Delta i_p = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot \Delta i_i \quad (6.5)$$

Dacă se cunosc temperaturile inițială (T_0), de solidificare (T_s) și finală (T_1), căldura latentă de solidificare ρ_s și căldurile masice specifice intervalelor T_0-T_s și T_s-T_1 , atunci entalpia specifică a elementului i se determină cu relația:

$$\Delta i_i = c_{p_0} (T_0 - T_s) + \rho_s + c_{p_1} (T_s - T_1) \quad (6.6)$$

Conductivitatea termică a produselor alimentare scade odată cu temperatura, până în zona de solidificare, moment în care are loc o scădere bruscă, urmată de o ușoară creștere cu ridicarea temperaturii. În general la produsele de origine vegetală conductivitatea termică are valori între 0,396-0,670 [W/mK] la temperaturi mai mari de 0° C, între 0,381-1,256 [W/mK] la

temperaturi cuprinse între 0°C -10°C și între $0,328-1,122$ [W/mK] la temperaturi cuprinse între -10°C -20°C .

Tabelul 6.3. Carateristicile termofizice ale fructelor

Produsul	conductivitatea termică λ , W/m.K	căldura specifică c_p , J/kg.K	difuzivitatea termică $a \cdot 10^8$, m^2/s	temperatura de îngheț $^{\circ}\text{C}$
Caise	0,654-0,845	3349-3864	14,3-15,4	-2,56
Cireșe	0,514-0,612	3710-3854	14,5-16,1	-2,57
Căpșuni	0,610-0,822	3802-3854	14,3-16,1	-1,0
Gutui	0,485-0,593	3654-3725	14,0-15,8	-2,1
Mere	0,364-0,586	3642-3768	14,2-16,7	-1,98
Pepene verde		3768-3935	14,0-16,0	-1,3
Pepene galben		3868-3942	14,0-16,0	-1,3
Prune	0,420-0,578	3517-3605	14,9-16,1	-1,7
Piersici	0,491-0,596	3589-3674	14,3-16,2	-1,2
Pere	0,495-0,632	3624-3721	14,5-16,5	-2,37
Vișine	0,521-0,630	3321-3745	15,1-16,6	-2,4

Difuzivitatea termică exprimă inerția termică a materialului și se determină cu relația:

$$a = \frac{\lambda}{\rho} \frac{m \Delta T}{Q} \quad [\text{m}^2/\text{h}] \quad (6.7)$$

în care ρ este densitatea produsului.

În tabelele 6.2 și 6.3 sunt prezentate valorile medii ale caracteristicilor termofizice pentru principalele sortimente de legume și fructe.

Starea fizică a unui fluid este determinată de anumite mărimi denumite parametri de stare (temperatură, presiune, volum specific, etc.) care, atunci când fluidul își modifică starea capătă valori noi, fluidul suferind o transformare de stare.

Trecerea unei substanțe dintr-o stare de agregare în alta reprezintă o schimbare sau transformare de fază, valorile presiunii și temperaturii la care are loc definind starea de saturație.

În cazul în care nu intervine o schimbare de fază, cantitatea de căldură Q schimbată de un corp este proporțională cu masa corpului m , cu variația de temperatură ΔT și natura corpului (relația 6.1). Produsul $m \cdot c_p$ se numește capacitate calorică și reprezintă cantitatea

de căldură primită sau cedată de corp pentru a-și modifica temperatura cu un grad Kelvin.

Totodată căldura primită de corp determină creșterea temperaturii (fără schimbare de fază) și ea poartă denumirea de căldură sensibilă. Când prin absorbția sau cedarea căldurii de către un corp are loc o schimbare de fază, fără a se produce o variație a temperaturii lui, această căldură se numește căldură latentă. Astfel căldura necesară vaporizării unei mase de lichid se numește căldură latentă de vaporizare, iar în mod asemănător vom avea căldură latentă de condensare, de topire, de solidificare, etc.

Transferul de căldură dintre două corpuri (sau transfer termic) se produce într-un interval de timp $\Delta \tau$, fluxul de căldură fiind:

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta \tau} \quad [\text{W}] \quad (6.8)$$

Dacă transferul de căldură se face prin intermediul suprafeței S (m^2), se definește densitatea de flux de căldură:

$$q = \frac{Q}{\Delta \tau \cdot S} \quad [\text{W}/\text{m}^2] \quad (6.9)$$

Conducția termică reprezintă transferul de căldură de la o particulă la alta. Pentru suprafața S [m^2] a unui perete plan, omogen, de grosime δ [m], având pe cele două fețe

temperaturile $T_1 > T_2$ [K], se definește fluxul de căldură transmis prin conducție Φ_{cond} exprimat prin:

$$\Phi_{cond} = \lambda \cdot S \frac{T_1 - T_2}{\delta} \quad (6.10)$$

în care λ este coeficientul de conductibilitate termică [W/m].

În acest caz densitatea de flux termic este:

$$q_{cond} = \frac{\lambda}{\delta} (T_1 - T_2) \quad (6.11)$$

Convecția termică reprezintă transferul de căldură între un fluid în mișcare și suprafața unui corp solid cu care vine în contact. Pentru un solid cu suprafața S , temperatura T_s la suprafața de contact și un fluid cu temperatura medie $T_m < T_s$, fluxul de căldură transmis prin convecție Φ_{conv} este:

$$\Phi_{conv} = \alpha \cdot S (T_s - T_m) \quad (6.12)$$

în care α este coeficientul de convecție [W/m^2K].

Convecția termică poate fi liberă sau naturală (mișcarea fluidului este determinată de diferențe de presiune create de diferențele de temperatură) sau forțată (mișcarea fluidului este determinată de cauze exterioare lui), transferul de căldură fiind cu atât mai intens cu cât viteza medie a fluidului este mai mare.

Radiația termică are drept suport material undele electromagnetice, fiind rezultatul unor excitații interatomice complexe. În acest caz se definește fluxul de căldură transmis prin radiație termică Φ_{rad} între două suprafețe S_1 cu T_1 , respectiv S_2 cu T_2 , cu $T_1 > T_2$, ca fiind:

$$\Phi_{rad} = e_{12} \cdot C_0 \cdot S_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (6.13)$$

în care: e_{12} este coeficientul de emisie mutual între cele două corpuri, în funcție de natura și modul de așezare a suprafețelor care schimbă căldura;

C_0 –coeficientul de radiație a corpului negru ($C_0 = 5,667 \text{ W/m}^2\text{K}^4$).

De obicei în industria alimentară transferul de căldură dintre două fluide se face printr-un perete despărțitor (fig.6.1). Fluxul termic în acest caz este dat de relația:

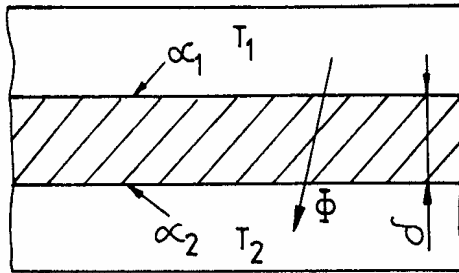


Fig. 2.1. Transferul de căldură între două fluide separate de un perete plan omogen

$$\Phi = \frac{S(T_1 - T_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6.14)$$

în care α_1, α_2 sunt coeficienții de convecție termică pe cele două părți ale peretelui, iar S este suprafața peretelui omogen.

Dacă se notează cu k numitorul relației (2.14) și se definește ca fiind coeficientul global de transfer termic [W/m^2K], atunci fluxul de căldură devine:

$$\Phi = k \cdot S (T_1 - T_2) \quad (6.15)$$

Procedeele de obținere a frigului au la bază procese care pot fi clasificate astfel:

- a) procese cu agent frigorific
 - în circuit deschis: cu gheață, cu amestecuri refrigerente, prin evaporarea apei sau a altor lichide, prin vaporizarea unor lichide la saturație;
 - în circuit închis prin vaporizarea unor lichide la saturație: în instalații cu comprimare mecanică, în instalații cu absorbție, în instalații cu ejectoare;
- b) procese fără agent frigorific: prin fenomene termoelectrice, fenomene termomagnetice, fenomene termomagneto-electrice.

Gheața hidrică și cea uscată (bioxid de carbon solid) produc temperaturi scăzute prin absorbția căldurii latente de topire (la 0°C), respectiv de sublimare (la $-78,9^{\circ}\text{C}$), ambele la presiunea atmosferică. Rezultate bune se obțin atunci când este asigurată o suprafață de transfer de căldură cât mai mare, între agentul de răcire și produsele alimentare.

Azotul lichid, bioxidul de carbon lichid și unii freoni lichizi sunt utilizați ca agenți de răcire prin vaporizare în sistem deschis, la congelarea unor produse alimentare prin imersie sau stropire, la răcirea containerelor, a vagoanelor și autovehiculelor frigorifice.

Tehnologiile frigorifice din industria alimentară sunt deservite, aproape exclusiv, de instalații frigorifice cu comprimare mecanică de vapori, a căror schemă simplificată este prezentată în figura 6.2. Modul în care se face transportul căldurii de la produsul supus răcirii către mediul înconjurător este ilustrat în figura 6.3.

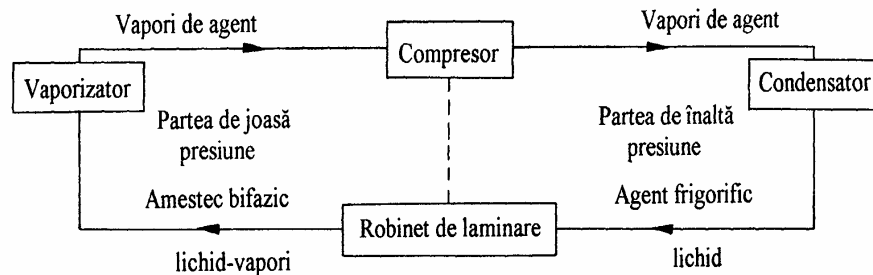


Fig. 2.2. Schema de principiu a instalației frigorifice cu comprimare mecanică de vapori

Căldura cedată de produsul alimentar cald Φ_p este preluată de către aerul cu debitul D_{aer} și transportată la vaporizator unde, este transferată agentului frigorific care se vaporizează (căldura schimbată la răcitorul de aer fiind Φ_{a-r}). Compresorul aspiră vaporii, îi comprimă și-i refulează în condensator unde căldura Φ_c este transferată mediului de răcire a condensatorului.

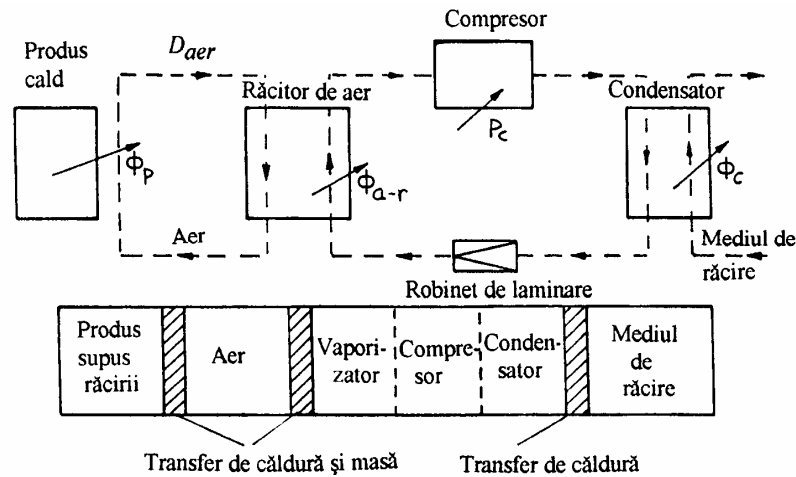


Fig. 2.3. Schema globală simplificată a răcirii

Procesul de refrigerare constă în răcirea produselor până la temperaturi apropiate de punctul de congelare, în cele mai multe cazuri refrigerarea fiind aplicată în scopul conservării propriu-zise a produselor alimentare. Ea poate fi utilizată și în scopul asigurării condițiilor optime de desfășurare a proceselor biochimice, necesare fabricării unor produse sau poate constitui o fază preliminară de răcire în cazul tehnologiilor de congelare a produselor alimentare.

Operațiile preliminare refrigerării propriu-zise diferă semnificativ în funcție de natura produsului și constau în: spălare, sortare, calibrare, dezinfectare, tratamente de prevenire a

bolilor fiziologice, sterilizare, ambalare, etc. Aceste operații sunt de o deosebită importanță întrucât de corecta executare a lor depinde atât calitatea produselor refrigerate, cât și mărimea duratei acceptabile de păstrare.

Metodele și procedeele de refrigerare aplicate depind de natura și caracteristicile fizice ale produsului, precum și de scopul urmărit. Astfel, refrigerarea se poate realiza cu aer răcit, cu apă răcită, în vid, cu gheață de apă, în aparate cu perete despărțitor.

Întrucât procesul de refrigerare este unul de tip nestaționat, se acceptă drept criteriu de comparație a intensității acestui proces viteza de răcire globală, definită ca raportul dintre scăderea totală a temperaturii medii a produsului și durata totală a procesului de refrigerare.

Durata procesului de refrigerare. Din punct de vedere matematic rezolvarea problemei propagării căldurii la răcirea unui produs alimentar, în regim nestaționat, constă în determinarea câmpurilor de temperatură și a cantităților de căldură transmise în timp, pentru orice punct al corpului supus răcirii. Dacă se cunosc temperaturile inițială și finală a produsului, prin rezolvarea problemei propagării căldurii se poate determina și durata procesului de răcire.

S-au stabilit nomograme cu câmpurile de temperatură și cantitățile de căldură extrase de la corpul supus răcirii în funcție de doi invarianți, Biot ($Bi = \frac{\alpha_a \cdot \delta}{\lambda}$) și Fourier

($F_o = \frac{a \cdot \tau}{\delta^2}$), în care a este coeficientul de difuzibilitate termică, α_a este coeficientul de convecție termică la suprafața produsului, iar δ este lungimea caracteristică. Există de asemenea și relații simplificate de calcul a duratei proceselor de răcire.

În cazul unui corp de dimensiuni mici, de masă m , suprafață exterioară S și căldură specifică c_p , pentru temperatura aerului t_a , durata procesului de răcire de la temperatura inițială t_0 la cea finală t_f , la care se presupune că nu există un gradient de temperatură în interiorul corpului, va fi:

$$\tau = \frac{m \cdot c_p}{\alpha_a \cdot S} \cdot \ln \frac{t_0 - t_a}{t_a - t_f} \quad (6.16)$$

Pentru corpuri de dimensiuni mai mari, la care există un gradient important de temperatură în interiorul lor, se utilizează două metode de calcul:

a) metoda lui Rutov

- pentru un produs în formă de placă cu grosimea 2δ [m], răcită cu aer pe ambele fețe, durata de răcire se determină cu relația

$$\tau = \frac{0,92}{a} \cdot \delta \left(\delta + 2,4 \frac{\lambda}{\alpha_a} \right) \cdot \lg \frac{t_0 - t_a}{t_a - t_f} + \frac{0,101}{a} \cdot \delta^2 \frac{\delta + 2,4 \frac{\lambda}{\alpha_a}}{\delta + 1,3 \frac{\lambda}{\alpha_a}} \quad (6.17)$$

- pentru un produs de forma unui cilindru circular drept cu raza R [m], durata de răcire este:

$$\tau = \frac{0,383}{a} \cdot R \left(R + 2,85 \frac{\lambda}{\alpha_a} \right) \cdot \lg \frac{t_0 - t_a}{t_a - t_f} + \frac{0,084}{a} \cdot R^2 \frac{R + 2,85 \frac{\lambda}{\alpha_a}}{R + 2,85 \frac{\lambda}{\alpha_a}} \quad (6.18)$$

- pentru un produs de formă sferică cu raza R , durata de răcire va fi

$$\tau = \frac{0,223}{a} \cdot R \left(R + 3,2 \frac{\lambda}{\alpha_a} \right) \cdot \lg \frac{t_0 - t_a}{t_a - t_f} + \frac{0,073}{a} \cdot R^2 \frac{R + 3,2 \frac{\lambda}{\alpha_a}}{R + 2,1 \frac{\lambda}{\alpha_a}} \quad (6.19)$$

în cele trei cazuri trebuie respectate restricțiile: $\tau > 0,25 \cdot \delta^2 / a$ și $\tau > 0,25 \cdot R^2 / a$;

b) metoda duratei de înjumătățire a diferenței de temperatură; durata de înjumătățire Z

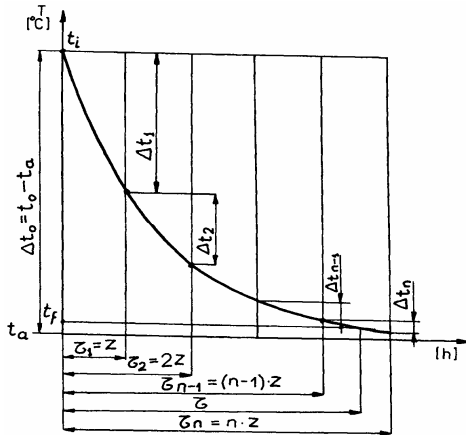


Fig. 2.4. Diagrama de calcul a duratei de refrigerare

[h] a diferenței de temperatură este timpul necesar ca diferența dintre temperatura inițială a produsului t_0 și temperatura t_a a aerului să se reducă la jumătate ($\tau = 0,69/Z$). Cunoșcând valoarea experimentală a lui Z se calculează $\Delta t_0 = t_0 - t_a$, ce corespunde momentului inițial al răcirii τ_0 , se calculează duratele $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ (figura 6.4):

- se calculează diferențele $\Delta t_1 = \frac{\Delta t_0}{2}, \dots, \Delta t_n = \frac{\Delta t_{n-1}}{2}$, calculul oprindu-se la acea valoare a lui n pentru care $\Delta t_n \leq t - t_a = \Delta t_f$;

- se calculează pe intervalul $(\tau_{n-1} - \tau_n)$ durata procesului de răcire:

$$\tau = \tau_n - (\tau_n - \tau_{n-1}) \frac{\Delta t_f - \Delta t_n}{\Delta t_n - \Delta t_{n-1}} \quad (6.20)$$

Pierderile în greutate în procesul de răcire a unui produs alimentar depind de mai mulți factori. Pentru o perioadă de timp în care se poate admite că diferențele dintre presiunea parțială a vaporilor de apă la suprafața produsului p_{vp} și cea a vaporilor de apă din aer p_{va} , precum și diferența dintre temperatura suprafeței produsului t_{sp} și cea a aerului t_a , sunt constante, pierderile de masă ale unui produs se pot exprima prin relația:

$$\Delta m = \frac{p_{vp} - p_{va}}{t_{sp} - t_a} \cdot C \cdot \Delta i_p \quad (6.21)$$

în care C este o constantă, iar Δi_p diferența entalpiilor inițială și finală pentru intervalul de timp considerat.

În cazul depozitării produselor refrigerate pierderile de masă se calculează cu relația:

$$\Delta m = \beta \cdot (p_{vp} - p_{va}) \cdot S \cdot \Delta \tau \quad (6.22)$$

unde S este suprafața exterioară a produsului, iar β este coeficientul de difuzie a vaporilor de apă la suprafața produsului.

Refrigerarea cu aer răcit este cea mai răspândită metodă, fiind pretabilă la majoritatea produselor alimentare. Procesul de refrigerare se poate desfășura în mod continuu, semicontinuu sau discontinuu, principalii parametri ai aerului utilizat fiind:

- *temperatura*: este variabilă în procesul de răcire (discontinuu și semicontinuu), având valori mai ridicate la începutul procesului și ajungând în final la valori cu $4^\circ\text{C} \dots \dots 10^\circ\text{C}$ mai scăzute decât temperatura produselor refrigerate, respectiv constantă (procese continue), cu valori mult mai coborâte decât în cazul anterior;

- *viteza aerului*: are o importanță determinantă în ceea ce privește durata procesului de răcire, din cercetările efectuate rezultând că aceasta trebuie să crească până la o valoare limită, peste care crește sensibil consumul de energie, iar distribuția ei în spațiul de refrigerare să fie uniformă;

- *umiditatea aerului*: influențează pierderile în greutate a produselor supuse răcirii și de aceea se recomandă ca umiditatea aerului să aibă valori cât mai ridicate.

Refrigerarea cu apă răcită se realizează prin imersia produselor, prin stropire sau mixt, temperatura la care este răcită apa fiind cu câteva grade deasupra punctului de congelare. Pe lângă viteza mare de răcire, refrigerarea cu apă răcită mai prezintă și avantajele evitării pierderilor în greutate prin evaporare, spații tehnologice mai mici și în general o calitate mai bună a produselor răcite în raport cu refrigerarea cu aer răcit.

Procedeele de răcire cu apă au la bază principiile schimbătorilor de căldură și se împart în două grupe:

- *răcire în circuit deschis*: se folosește cu precădere la condensarea vaporilor sau la coborârea temperaturii diferitelor fluide;

- *răcirea cu apă în circuit închis*: necesită la rândul său răcirea apei (care este recirculată) de către o altă sursă de frig.

Refrigerarea cu gheață hidrică are la bază principiul absorbției căldurii necesare topirii gheții, căldură care se preia de la produsele supuse răcirii. Întrucât durata procesului de răcire (transferul căldurii între produs și gheață) depinde în mare măsură de suprafața de schimb de căldură, este necesar ca dimensiunile bucăților de gheață să fie cât mai mici.

Gheața hidrică naturală sau artificială se folosește atât la refrigerarea produselor alimentare vegetale, cât și la transportul acestora în mijloacele frigorifice (auto sau feroviare).

Refrigerarea în vid se bazează pe efectul de răcire care se obține prin vaporizarea la presiuni sub cea atmosferică a unei anumite părți din apa conținută în produs și a apei cu care este stropit în prealabil produsul.

Tabelul 6.4. Condițiile și durata de păstrare a legumelor refrigerate

Produsul	temperatura de păstrare, °C	umiditatea relativă a aerului, %	durata de păstrare
Ardei	7...10	85-90	8-10 zile
Cartofi timpurii	3...4	85-90	3-4 săptămâni
Cartofi de consum	4,5...10	88-93	4-8 luni
Castraveți	10...11	85-90	2 săptămâni
Ceapă	-3...0	70-75	5-6 luni
Ciuperci	0...1	85-90	3-7 zile
Dovlecei	10...13	70-75	4-6 luni
Fasole verde	2...7	85-90	10-15 zile
Mazăre verde	-0,5...0	85-90	1-3 săptămâni
Morcovi	0...1	90	2 săptămâni
Pătrunjel	0...1	85-90	1-2 luni
Salată	0...1	90-95	1-3 săptămâni
Sfeclă	0...1	90-95	1-3 luni
Tomate maturate	0...1	85-90	1-2 săptămâni
Țelină	0...1	90-95	0,5-2 luni
Usturoi	-1,5...0	70-75	6-8 luni
Varză	0...1	85-90	2-6 luni
Vinete	6...9	85-90	10-12 zile

Refrigerarea în vid este aplicată în special la legumele frunzoase care prezintă o suprafață specifică mare, favorizând schimbul de căldură și masă.

Refrigerarea în aparate schimbătoare de căldură cu perete despărțitor este o metodă utilizată la răcirea lichidelor. Răcirea se realizează în schimbătoare de căldură în care, de o parte a peretelui despărțitor circulă un agent de răcire, iar de cealaltă parte lichidul ce trebuie răcit. Ca agenți de răcire se recomandă aceia care, în cazul unor scăpări prin neetanșeități, să nu afecteze calitatea produsului răcit. Astfel de agenți sunt apa, soluția de apă-alcool, ș.a. În cazul utilizării apei se pot folosi scheme care cuprind în circuitul apei și un acumulator de frig sub formă de gheață.

În tabelele 6.4 și 6.5 sunt prezentate condițiile de depozitare și duratele de păstrare la principalele produse vegetale în stare refrigerată.

Tabelul 6.5. Condițiile și durata de păstrare a fructelor refrigerate

Produsul	temperatura de păstrare, °C	umiditatea relativă a aerului, %	durata de păstrare
Caise	-1...0	70	2-4 săptămâni
Căpșuni	0	-	1-5 zile
Cireșe	-1...0	85-90	1-4 săptămâni
Gutui	0...4	90	2-3 luni
Mere	1...3	85-90	4-8 luni
Pere	-0,5...1	85-90	2-6 luni
Nuci	5...7	70	1 an
Pepene verde	-1...1	85-90	2-3 săptămâni
Pepene galben	0...1	85-90	5-7 săptămâni
Piersici	-1...1	85-90	1-4 săptămâni
Prune	-0,5...1	85-90	2-8 săptămâni
Struguri	-1...0	85-90	3-5 luni
Vișine	-1...0	85-90	1-4 săptămâni

Procesul de congelare constă în răcirea produselor alimentare până la temperaturi inferioare punctului de solidificare a apei. Rezolvarea ecuației diferențiale a propagării căldurii în acest caz este mult mai dificilă ca în cazul refrigerării, iar pentru calculul analitic al câmpurilor de temperaturi în produs, duratei procesului și cantităților de căldură schimbate, apar dificultăți semnificative.

Procesul de congelare a unui produs alimentar poate fi separat în trei faze distincte (fig.6.5):

- răcirea produsului de la temperatura inițială t_i până la temperatura t_c , la care începe procesul de congelare propriu-zisă (solidificarea apei din produs);
- congelarea produsului, când temperatura este $t_c = \text{const.}$ iar din produs se extrage căldura latentă de congelare (solidificarea soluțiilor apoase din produs);
- răcirea produsului de la temperatura de congelare t_c la temperatura finală t_f .

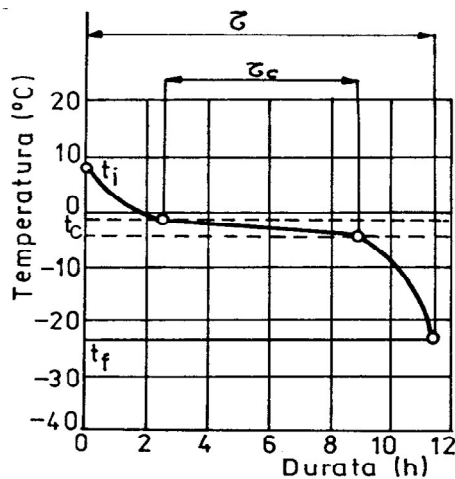


Fig. 6.5. Variația temperaturii unui produs în timpul procesului de congelare

Pentru determinarea duratei procesului de congelare se admit unele ipoteze simplificatoare, din integrarea ecuațiilor diferențiale rezultând:

a) în cazul unui flux de căldură unidirecțional

- pentru un produs sub forma unei plăci de grosime h , densitate ρ , căldura latentă de congelare l_{cp} , coeficientul de convecție termică α , coeficientul de conductibilitate termică λ și temperatura mediului de răcire t_m , durata de congelare propriu-zisă τ_c va fi

$$\tau_c = \frac{\rho \cdot l_{cp}}{t_c - t_m} \cdot \left(\frac{h}{2\alpha} + \frac{h^2}{8\lambda} \right) \quad (6.23)$$

- pentru un produs în formă de cilindru drept cu diametrul d , durata de congelare este

$$\tau_c = \frac{\rho \cdot l_{cp}}{t_c - t_m} \cdot \left(\frac{d}{4\alpha} + \frac{d^2}{16\lambda} \right) \quad (6.24)$$

- pentru un produs de formă sferică cu diametrul d , durata de congelare este:

$$\tau_c = \frac{\rho \cdot l_{cp}}{t_c - t_m} \cdot \left(\frac{d}{6\alpha} + \frac{d^2}{24\lambda} \right) \quad (6.25)$$

b) în cazul unui flux de căldură bidirecțional (pe două direcții perpendiculare), pentru un paralelipiped cu dimensiunile l , b și h , ($l > b > h$), căldura fiind extrasă de pe două fețe cu dimensiunile $l \cdot b$ și două fețe cu dimensiunile $l \cdot h$, durata de congelare se determină cu relația

$$\tau_c = \frac{\rho \cdot l_{cp}}{t_c - t_m} \left\{ \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{b \cdot h}{2(b+h)} + \frac{1}{\lambda} \left[\frac{b \cdot h}{16} - \frac{(b-h)^2}{32} \ln \frac{b+h}{b-h} \right] \right\} \quad (6.26)$$

c) în cazul unui flux de căldură tridimensional durata de congelare are o expresie matematică complicată, un caz aparte fiind produsele de formă cubică ($l=b=h$) la care se obține forma:

$$\tau_c = \frac{\rho \cdot l_{cp}}{t_c - t_m} \cdot \left(\frac{h}{6\alpha} + \frac{h^2}{24\lambda} \right) \quad (6.27)$$

În timpul conservării prin congelare pierderile în greutate se datoresc în exclusivitate unor procese fizico-chimice. Până la congelarea primelor straturi de produs pierderile se datorează evaporării apei de la suprafața acestuia, în fazele de congelare, răcire la temperatura finală și depozitare, pierderile în greutate se produc prin sublimarea gheții de la suprafața produsului.

Dintre factorii care afectează intensitatea procesului de pierdere în greutate, cei mai importanți sunt: natura produsului, temperatura și umiditatea relativă a aerului, calitatea ambalajului produsului, viteza aerului la suprafața produsului. Pierderile în greutate cresc cu temperatura și viteza aerului, dar scad cu umiditatea acestuia.

Procesul tehnologic de conservare prin congelare a produselor alimentare de origine vegetală cuprinde o serie de operații, schemele tehnologice pentru legume și fructe fiind prezentate în figura 6.6.

Înainte de a fi supuse procesului de congelare, produsele alimentare vegetale se supun unor operații și tratamente specifice tipului de produs, metodei de congelare și destinației produsului.

Materia primă destinată congelării este supusă unor operații de spălare, curățire, calibrare, divizare, tratamente antioxidante. De corectitudinea realizării acestor operații pregătitoare depinde calitatea produsului congelat.

Opărire este o operație tehnologică indispensabilă pentru unele specii vegetale, prin distrugerea complexelor enzimaticice, reducerea microflorei de la suprafața produsului, stabilizarea culorii, eliminarea gazelor din materia primă și menținerea vitaminei C rămasă după opărire.

Tratamentele aplicate produselor vegetale vizează în special fenomenul de oxidare (brunificare), mai ales la fructele curățate. Blocarea activității enzimaticice și reducerea oxidării se realizează prin tratarea cu: clorură de sodiu, zahăr, acizi alimentari (acid malic, acid ascorbic), bioxid de sulf.

Răcirea sau refrigerarea produselor ce urmează a fi congelate este importantă în păstrarea culorii acestora, putând fi privită și ca o operație preliminară.

Congelarea unui produs alimentar este un proces de răcire în care se produc fenomene importante precum solidificarea unei părți a apei din produs, mărirea volumului și a consistenței produsului. Pentru a caracteriza un proces de congelare din punct de vedere al intensității răcirii, se alege drept criteriu viteza medie liniară de congelare, care are expresia:

$$w_m = \frac{\delta_0}{\tau_0} \text{ [cm/h]} \quad (6.28)$$

în care

δ_0 este distanța cea mai mică dintre centrul termic (punctul cu temperatura cea mai ridicată la un moment dat) și suprafața produsului [cm],

τ_0 este durata congelării de la temperatura inițială uniformă de 0°C, până la temperatura care se urmărește a se obține în centrul termic [h].

În raport cu această viteză medie liniară de congelare, metodele de congelare utilizate se pot clasifica astfel: *congelare lentă* ($w_m \cong 0,2$ cm/h), *congelare rapidă* ($w_m = 0,5 \dots 3$ cm/h), *congelare foarte rapidă* ($w_m = 5 \dots 10$ cm/h) și *congelare ultrarapidă* ($w_m = 10 \dots 100$ cm/h).

Ca și în cazul refrigerării, se deosebesc trei sisteme de congelare: cu funcționare discontinuă, cu funcționare semicontinuă și cu funcționare continuă. Din punct de vedere al mediului și metodei de preluare a căldurii de la produse, congelarea se poate face cu aer răcit, prin contact direct cu agenți intermediari sau frigorifici și prin contact cu suprafețe metalice răcite.

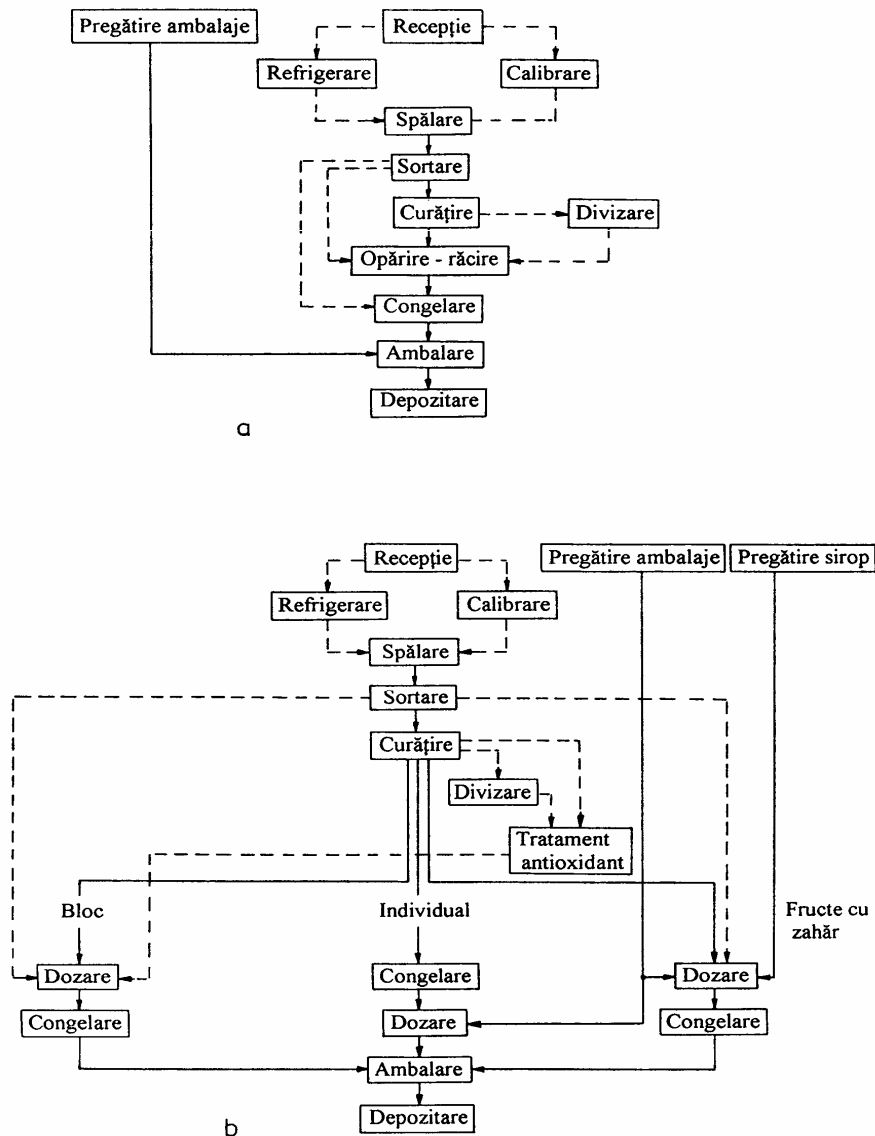


Fig. 6.6. Schema tehnologică de conservare prin congelare pentru: a-legume, b-fructe.

Congelarea cu aer răcit este metoda cea mai răspândită prin faptul că majoritatea produselor alimentare se pretează la acest tip de conservare. Această metodă presupune existența unui spațiu izolat termic, un răcitor de aer și un sistem de distribuție a aerului răcit peste produse.

Tabelul 6.6. Durata de păstrare a legumelor congelate la -18°C

Produsul	durata de păstrare
Ardei - neopăriți	4-6 luni
- opăriți	8-10 luni
Castraveți	5-6 luni
Cartofi	8-12 luni
Ceapă	minim 12 luni
Ciuperci - individual	4-6 luni
- în bloc cu soluții acide și sosuri	6-12 luni
Dovlecei	7-8 luni
Fasole verde - neopărită	4-5 luni
- opărită	11-12 luni
Mazăre verde	11-12 luni
Morcov - neopărit	4-6 luni
- opărit	10-12 luni
Pătrunjel rădăcină - neopărit	4-6 luni
- opărit	6-10 luni
Pătrunjel frunze	12-14 luni
Spanac	16-18 luni
Tomate	5-6 luni
Țelină rădăcină	6-8 luni
Țelină frunze	14-16 luni
Varză albă și roșie	10-12 luni
Vinete întregi sau divizate	10-12 luni
Vinete salată	5-6 luni

Tabelul 6.7. Durata de păstrare a fructelor congelate la -18°C

Produsul	Durata de păstrare
Caise - individual	4-6 luni
- în sirop de zahăr	9-10 luni
Cireșe - individual	5-6 luni
- în sirop de zahăr	9-10 luni
Gutui - individual	5-8 luni
- în sirop de zahăr	8-11 luni
Mere - individual	3-5 luni
- în sirop de zahăr	6-8 luni
Pepene galben - divizat	6-8 luni
- în sirop de zahăr	10-12 luni
Pepene verde în sirop de zahăr	2-3 luni
Pere - individual	4-5 luni
- în sirop de zahăr	9-10 luni
Piersici - individual	3-4 luni
- în sirop de zahăr	6-8 luni
Prune - individual	5-6 luni
- în sirop de zahăr	9-12 luni
Struguri - individual	4-8 luni
- în sirop de zahăr	8-10 luni
Vișine- individual	7-8 luni
- în sirop de zahăr	11-12 luni

Dacă se ține cont de starea produsului pe întreaga durată a congelării, în raport cu suportul material pe care sunt așezate, se deosebesc: *sisteme de congelare cu poziție fixă a produselor* și *sisteme de congelare a produselor în strat fluidizat* (răcirea se realizează prin insuflarea unui gaz pe la partea inferioară a unui suport material perforat, pe care se găsește produsul sub formă de particule și care se fluidizează sub acțiunea gazului).

Congelarea prin contact cu agenți intermediari oferă avantajul unor durate de congelare mai mici decât în cazul răcirii cu aer. Coeficienții de convecție termică la suprafața produselor supuse congelării sunt de cel puțin 10 ori mai mari decât la răcirea cu aer.

Congelarea prin contact cu agenți criogenici constă în absorbția căldurii latente de vaporizare, la presiune atmosferică, a unor agenți frigorifici, dar și a căldurii sensibile, mărindu-și temperatura până la un nivel apropiat celei la care se congelează produsul alimentar. Agenții criogenici nu trebuie să fie toxici, inflamabili sau explozibili, cei mai utilizați în practică fiind azotul lichid, bioxidul de carbon lichid și unii freoni lichizi.

Congelarea prin contact cu suprafețe metalice răcite constă în preluarea căldurii de la produs prin transfer direct de către suprafața răcită (cu agent frigorific care vaporizează sau cu un agent intermediar), transferul acesteia realizându-se de cele mai multe ori prin conducție, fapt care constituie un avantaj energetic în raport cu convecția forțată în aer răcit.

În tabelele 2.6 și 2.7 sunt prezentate duratele de păstrare și depozitare la principalele sortimente de legume și fructe congelate.

Procesul de liofilizare sau criodesicare constă în eliminarea apei dintr-un produs congelat, prin sublimarea ei în vid (treccrea apei direct din stare solidă în stare de vapori). Comparativ cu alte procedee de uscare, liofilizarea realizează o mai bună conservare a calităților produsului proaspăt, capacitate mare de rehidratare și temperaturi scăzute pentru depozitare și transport, dar consumurile energetice sunt net superioare.

În ansamblul ei tehnologia de liofilizare cuprinde următoarele operații: tratamente preliminare, congelare, sublimarea (uscarea primară), uscarea secundară, condiționarea, ambalarea, depozitarea.

Tratamentele preliminare sunt caracteristice fiecărui produs, dintre acestea pot fi amintite cele de natură mecanică (curățire, tăiere, mărunțire, sortare), de natură fizică (concentrarea produselor lichide) și de natură chimică (adaosul unor substanțe de gust și aromă, substanțe care favorizează procesul de liofilizare, substanțe cu rol de protecție la acțiunea microorganismelor).

Congelarea influențează desfășurarea fazelor următoare ale liofilizării produsului. Este recomandată o congelare rapidă, cu formarea de cristale de gheață de dimensiuni mici și uniform repartizate în masa produsului. Temperaturile finale de congelare trebuie să fie de -40°C -60°C , astfel încât toată apa din produs să fie solidificată.

Uscarea primară constă în deshidratarea produsului (eventual mărunțit după congelare) prin sublimarea apei. Acest fenomen determină o scădere a temperaturii produsului cu 2.....15 $^{\circ}\text{C}$ sau chiar mai mult, fiind urmată de o umezire superficială a acestuia. Uscarea primară este considerată ca fiind terminată atunci când întreaga masă de apă cristalizată din produs a sublimat. Vaporii de apă care rezultă în urma sublimării gheții sunt dirijați spre un schimbător de căldură răcit, pe a cărui suprafață se face condensarea lor.

Uscarea secundară (desorbția) este faza în care are loc îndepărtarea apei rămasă în produs după terminarea sublimării. Întrucât nu poate fi eliminată complet apa din produs, operația de desorbție se oprește atunci când conținutul în apă al acestuia a scăzut sub valoarea umidității reziduale acceptată (se stabilește experimental și depinde de natura produsului, modul de ambalare, durata de depozitare, etc.).

Temperatura în timpul uscării este cuprinsă între 20...60 $^{\circ}\text{C}$, iar durata uscării secundare este cuprinsă între 1..6 ore. După terminarea fazei de uscare se face presurizarea incintei de uscare, cu gaz neutru, de la presiunea scăzută până la o presiune puțin mai mare decât cea atmosferică. Se evită astfel contactul imediat al produselor cu aerul exterior, gazul neutru asigurând și o bună protecție a acestora în timpul manipulărilor și depozitării.

Condiționarea și ambalarea produselor liofilizate. În vederea omogenizării umidității reziduale, produsele liofilizate trebuie depozitate timp de 2...3 zile în containere vacuumate. Condiționarea se face în vederea eliminării sau reducerii totale a cauzelor care determină modificări în calitatea produselor pe perioada depozitării și transportului lor.

Ambalarea produselor liofilizate se face de regulă sub vid sau în atmosferă de gaz inert (azot sau bioxid de carbon și aer uscat cu o umiditate relativă de 10...20 %), în ambalaje perfect etanșe, impermeabile la gaze, arome, vapori de apă, grăsimi.

Depozitarea produselor liofilizate se face la temperaturi variind între 0...30 °C, în funcție de natura produsului, prin scăderea temperaturii de depozitare putându-se mări considerabil durata de păstrare.

6.2. Tehnologia de conservare prin uscarea și deshidratarea a legumelor și fructelor

Uscarea sau deshidratarea este procedeul tehnologic prin care din legumele și fructele considerate ca materie primă, se îndepărtează o anumită cantitate de apă cu ajutorul căldurii, în urma căreia se realizează atât o stare fizico-chimică propice menținerii valorilor lor nutritive, cât și condiții defavorabile activității microorganismelor. Dacă la eliminarea apei se folosește energia solară avem de a face cu un proces de uscare, iar dacă pentru obținerea energiei termice se folosește un combustibil sau altă sursă de energie, procesul se numește deshidratare.

Mișcarea apei în materia primă supusă deshidratării este condiționată de formele în care se găsește în produse (apă liberă, apă legată coloidal și apă legată chimic). Pe parcursul procesului, eliminarea apei din produse se realizează prin difuzie care poate fi: externă (se datorește evaporării apei de pe suprafața produsului) și internă (reprezintă fenomenul de deplasare a apei din interiorul produsului către suprafață).

În procesul de deshidratare o importanță deosebită o are raportul dintre difuzia internă și cea externă. O viteză de difuzie externă mare și una de difuzie internă mică determină uscarea suprafeței produsului, provocând apariția fenomenului de scorjire. Aceasta va îngreuna desfășurarea în continuare a procesului, provocând în anumite condiții rupturi la suprafața produsului, cu pierderi importante de suc celular.

Procesul de deshidratare se desfășoară în trei faze succesive (fig.6.7) astfel:

- etapa I corespunzătoare curbei 1-2; produsul se încălzește și doar o parte din căldură este folosită la evaporarea apei;

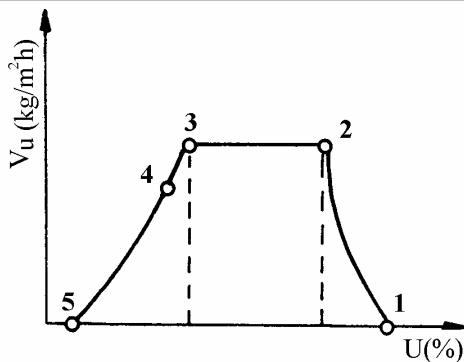


Fig. 6.7. Variația umidității produsului în funcție de viteza de deshidratare

- etapa a II-a corespunzătoare curbei 2-3; viteza de deshidratare este constantă, având loc eliminarea apei din produs; etapa durează până când nu se mai produce difuzia internă;

- etapa III-a corespunzătoare curbei 3-5; pe zona 3-4 se elimină o parte din apa coloidală, iar pe zona 4-5 se elimină o parte din apa de absorbție.

Viteza de deshidratare este cu atât mai mare cu cât temperatura este mai ridicată, rezistența la difuziune și grosimea produsului sunt mai mici, raportul dintre suprafața produsului și conținutul său de apă este mai mare și viteza de mișcare a aerului cald este

mai mare.

Umiditatea relativă a aerului are o influență considerabilă asupra vitezei de deshidratare. Creșterea umidității relative a aerului reduce capacitatea acestuia de a absorbi vaporii de apă din produs, încetinind evaporarea, în timp ce o umiditate relativă scăzută determină o eliminare forțată a apei din produs, cu rupturi ale membranelor celulare.

Randamentul teoretic al procesului de deshidratare se stabilește cu relația:

$$\eta_t = \frac{100 - a_i}{100 - a_f} \cdot 100\% \quad (6.29)$$

în care a_i, a_f sunt conținuturile inițial și final de apă ale produsului.

Schema tehnologică a procesului de deshidratare a legumelor și fructelor cuprinde mai multe operații (fig. 6.8).

Materiile prime, corespunzătoare din punct de vedere calitativ, se păstrează o perioadă de timp urmărindu-se definitivarea maturării sau menținerea calităților, prin asigurarea condițiilor de temperatură și umiditate cerute de produse.

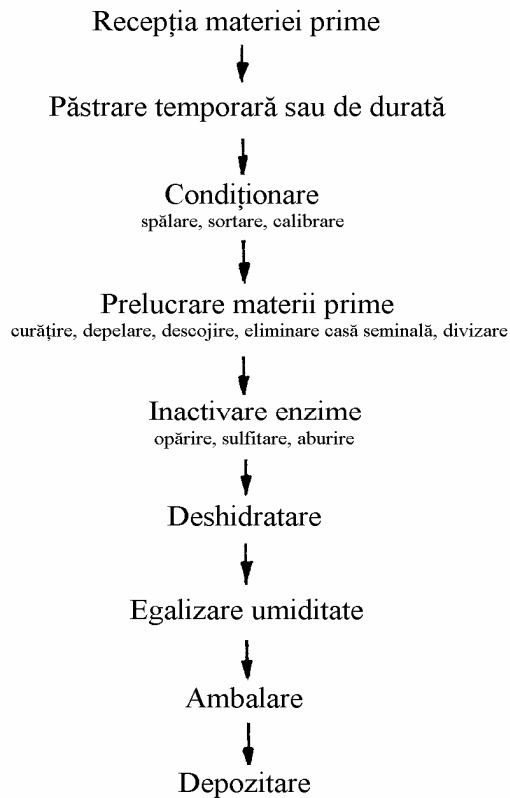


Fig. 6.8. Schema tehnologică a procesului de deshidratare a legumelor și fructelor

sunt introduse în ambalaje ermetice și supuse procesului de sterilizare;

- *deshidratarea cu radiații infraroșii*: produsele vegetale sunt încălzite, prin conducție sau convecție, cu radiația pe care o emite un corp cald de la suprafața sa, în mediul în care se produce deshidratarea;

- *deshidratarea în strat de spumă*: este o metodă aplicată la produsele sub formă de paste în care se introduce un stabilizator, spuma astfel obținută se deshidratează și prin măcinare rezultă o pulbere cu capacitate de rehidratare mare;

- *deshidratarea prin pulverizare*: se aplică în special la produsele sub formă de paste și lichide, constând în reducerea aproape instantanee a umidității până la 6 %, urmată de măcinare, cernere și ambalare a produsului obținut.

Legumele și fructele deshidratate sunt păstrate în ambalaje speciale, caracteristice fiecărui produs, în spații bine aerate, la temperatura de 15-18 °C și umiditatea relativă a aerului de 70-75 %.

În tabelele 6.8 și 6.9 sunt prezentate limitele de variație ale celor mai importante componente din S.U. în grame raportate la 100 g substanță deshidratată, pentru principalele specii de legume și fructe.

Tabelul 6.8. Limitele de variație a componentelor din S.U. la unele specii de legume

Specia	zahăr total, g	protide, g	amidon, g	cenușă, g	alcalinitate cenușă, ml NaOH n/10
Cartofi	0,50-4,16	2,06-2,38	15,1-23,1	0,94-1,14	5,26-6,30
Ceapă	5,52-10,5	1,3-1,59	0,35-1,59	0,49-0,60	3,29-3,37
Morcovi	6,85-8,70	0,99-2,20	1,32-1,40	1,23-1,25	2,04-2,28
Roșii	2,17-3,98	0,90-1,03	0,10-0,46	0,42-0,53	1,61-1,73
Varză	1,49-5,57	1,17-1,36	0,74-4,20	0,64-0,78	2,13-2,23

Tabelul 6.9. Limitele de variație a componentelor din S.U. la unele specii de fructe

Specia	zahăr total, g	aciditate totală în acid malic, g	protide, g	cenușă, g	alcalinitate cenușă, ml NaOH n/10
Caise	8,40-13,66	0,56-1,67	0,73-1,34	0,28-0,83	3,6-9,88
Mere	7,98-14,90	0,16-1,14	0,18-0,64	0,10-0,37	1,26-5,63
Pere	9,26-14,15	0,10-0,54	0,24-0,58	0,14-0,50	1,70-4,69
Piersici	5,35-11,36	0,28-1,23	0,39-1,20	0,30-0,65	3,26-6,67
Prune	9,97-14,15	0,33-1,90	0,24-0,98	0,25-0,59	3,21-8,53

Produsele deshidratate se deosebesc de materia primă prin concentrația substanței uscate (determină scăderea volumului, creșterea masei volumetrice, creșterea valorii energo-plastice), modificarea raportului între principalele elemente componente ale substanței uscate, scăderea cantitativă a unora, creșterea altora, dispariția parțială sau totală a unor componente și apariția altora.

În timpul păstrării produselor deshidratate pot să apară următoarele modificări importante:

- decolorarea: desverzire (spanac, verdețuri, fasole păstăi, mazăre boabe), brunificare (mere, pere, caise, gutui, piersici, cartofi), îngălbenire (ceapă, varză, pătrunjel rădăcină, păstârnac, țelină), alb-rozare (ceapă, varză);
- zaharisire, mai ales la fructe întregi și tăiate.

6.3. Tehnologia de fabricare a semiconservelor din legume și fructe

Pentru a asigura conservarea unor produse vegetale prin împiedicarea fenomenelor de alterare, se apelează la substanțe chimice cu acțiune bactericidă, dar care nu afectează starea de sănătate a omului. Aceste substanțe distrug și opresc dezvoltarea sporilor microorganismelor, fiind cunoscute sub denumirea de conservanți alimentari. Dintre substanțele antiseptice se folosesc bioxidul de sulf, benzoatul de sodiu și acidul formic, deoarece prin fierbere acestea se elimină și dispar din produsul finit.

Durata de păstrare a produselor conservate cu substanțe antiseptice depinde de concentrația soluțiilor adăugate și condițiile de păstrare.

Prepararea pulpelor de fructe. Pulele de fructe, fierte sau nefierte, sunt produse obținute prin prelucrarea mecanică sau termică a fructelor, întregi sau tăiate în bucăți (jumătăți sau sferturi). Schema tehnologică de pregătire a pulpelor de fructe cuprinde următoarele operații: sortare, spălare, tăiere și conservare.

Sortarea are ca scop înlăturarea corpurilor străine, a fructelor nematurate, mucegăite sau necorespunzătoare din punct de vedere calitativ, operația executându-se de obicei manual. Fructele sunt spălate, operație obligatorie prin care se elimină toate impuritățile. Tăierea se aplică la fructele semănțoase, când acestea sunt prea mari, se îndepărtează pedunculii și se scot în mod facultativ sâmburii.

Pulpa astfel pregătită se introduce în butoaie (din stejar, gorun sau fag, parafinate la interior), bazine sau rezervoare (din beton armat sau cărămidă, cu strat protector de parafină) sau în bidoane mari metalice, închise ermetic, peste aceasta fiind turnat lichidul conservant care trebuie să acopere bine fructele.

Ca antiseptic, bioxidul de sulf se recomandă pentru toate speciile de fructe, în cazul fructelor moi, pentru întărirea texturii adăugându-se și bisulfid de calciu. Indiferent de conservantul utilizat, diluarea se face astfel ca soluția ce se adaugă la produsul supus conservării să nu depășească 10 % din cantitatea sa.

După introducerea conservantului butoaiele se înfundă și se depozitează în spații răcite sau depozite obișnuite, iar bazinele se etanșează bine, pentru a evita orice contact cu aerul atmosferic.

Pulpele de fructe pot fi supuse și unei conservări prin sterilizare, fapt care impune, pe lângă operațiile prezentate și fierberea cu adaos de 10-15 % apă, urmată de introducerea în recipiente și sterilizarea sau autosterilizarea lor.

Singura pulpă de legume este cea din tomate, pentru obținerea căreia se aplică aceeași schemă tehnologică, ca și în cazul fructelor.

Prepararea marcurilor de fructe. Marcurile sunt produse obținute din fructe pe baza unor prelucrări mecanice și termice (mai rar crude), partea necomestibilă fiind îndepărtată în urma trecerii lor printr-o pasatrice (sită). În general, toate etapele fluxului tehnologic sunt înglobate în cadrul unei linii automate ce funcționează în flux vertical.

Întrucât marcurile sunt pulpe de fructe fierte și pasate, primele operații din fluxul tehnologic sunt identice. După spălare și tăiere, pulpa fructelor tari este încălzită și trecută printr-o pasatrice, operație prin care se îndepărtează sâmburii și părțile necomestibile, rezultând marcul propriu-zis. Pentru a-și păstra mai bine aroma, fructele moi nu se încălzesc, ele strecurându-se în stare crudă. Marcul răcit este amestecat cu conservantul (bioxid de sulf sau benzoat de sodiu) și după tratamentul cu substanțe antiseptice este pus în butoaie sau bazine de păstrare, prevăzute la interior cu o peliculă de lac rezistent la acțiunea acizilor.

Acidul lactic, acidul acetic, clorura de sodiu și zahărul, în anumite proporții și concentrații, pot juca rolul de substanțe antiseptice, împiedicând alterarea unor preparate obținute din legume și fructe.

Produse fermentate lactic (acidificare naturală). Au la bază procesul de fermentație lactică, astfel că în urma acțiunii bacteriilor lactice asupra zahărului din legume, în soluție de clorură de sodiu, se obține ca produs determinant acidul lactic.

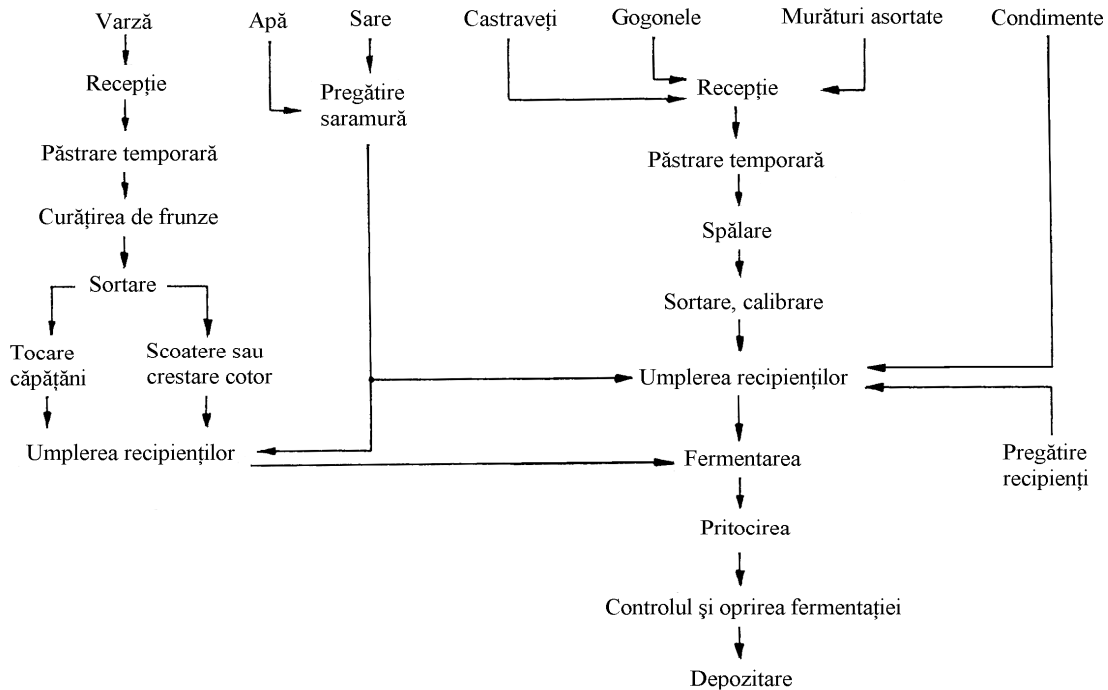


Fig. 6.9. Schema tehnologică de obținere a produselor fermentate lactic

În concentrații de 3-12 %, clorura de sodiu poate extrage apa și substanțele solubile din vacuolele celulelor, asigurând astfel mediul favorabil creșterii și dezvoltării bacteriilor lactice. Prin acoperirea legumelor cu soluție de sare se creează un mediu anaerob, favorabil doar fermentației lactice.

Schema tehnologică de obținere a produselor fermentate lactic (varză, castraveți, gogonele, murături asortate) este prezentată în fig.6.9.

Operația cea mai importantă este fermentarea acido-lactică și care se desfășoară în trei etape:

- etapa preliminară în care bacteriile heterofermentative (*Streptococcus*, *Bacterium coli*, etc.) transformă o parte din zaharuri în acid lactic, acid acetic, alcool etilic și bioxid de carbon; durata acestei etape depinde de temperatura de fermentare și natura produsului;

- etapa fermentării propriu-zise în care procesul de fermentare este continuat de către bacteriile homofermentative (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus cucumeris*), care produc numai acid lactic; aciditatea crește până la 2 % iar pH-ul are valori între 3,5-4,3;

- etapa fermentării finale când fermentarea este continuată de bacterii precum *Lactobacillus brevis* și *Lactobacillus pentoaceticum*, care transformă ultimele cantități de zahăr în acid lactic și produși secundari, realizând în final o concentrație de 2,5 % în acid lactic.

Fermentarea și păstrarea produselor se face în bazine de ciment acoperite cu lac antiacid, căzi și butoaie de lemn sau material plastic, în care, pentru îmbunătățirea însușirilor organoleptice, se adaugă condimente (tulpini de mărar, cimbru, rădăcini de hrean, usturoi, frunze de țelină și vișin, etc.)

În scopul omogenizării concentrației de clorură de sodiu și acid lactic, periodic se efectuează pritolul.

Produse acidificate artificial. Folosirea acidului acetic sau oțetul și a clorurii de sodiu, în soluții cu anumite concentrații, determină o acțiune antiseptică, iar prin adăugarea de condimente legumele astfel conservate capătă un gust picant și plăcut. Oțetul folosit la conservarea legumelor este obținut din vin sau pe cale industrială.

Legumele conservate prin acidificare artificială se mai numesc produse marinate, fiind pregătite după tehnica produselor acidificate natural, deosebirea constând în aceea că drept conservant se folosește oțet, concentrația finală în acid acetic fiind de 2-3 %, sare până la concentrația de 2-3 % și uneori zahăr până la 2-5 %.

Pentru a imprima gust și aromă legumelor conservate, oțetul se condimentează cu piper, muștar, frunze de dafin, cuișoare, tarhon, mărar, etc.

Dintre legumele care se conservă prin această metodă se pot aminti: castraveți, ardei din soiul Kapia, gogoșari, țelină, fasole verde, ardei.

Produse conservate prin sărare și suprasărare. Substanță higroscopică, clorura de sodiu are capacitatea de a scoate apa din țesuturile legumelor prin fenomenul de osmoză. Prin creșterea presiunii osmotice se produce deshidratarea parțială a celulelor (plasmoliza), fapt care împiedică desfășurarea normală a activității bacteriilor, mucegaiurilor sau drojdiilor.

Legumele recoltate la maturitate sunt sortate, curățate, spălate și introduse în butoaie peste care se adaugă sare, în stare solidă sau soluții în concentrații de până la 30 %. Suprasărarea se aplică la conservarea unor legume precum țelina, morcovul, conopida, varza de Bruxelles, fasole verde, ceapa, tomate, ardei, sparanghel.

6.4. Tehnologia fabricării conservelor vegetale prin termosterilizare

Termosterilizarea constituie un procedeu de conservare bazat pe inactivarea prin tratament termic, a microorganismelor din produsele de origine vegetală. Nivelul ridicat al temperaturii acționează asupra microorganismelor după un mecanism încă neelucidat în totalitate. Au fost puse în evidență procese de denaturare a proteinelor, de inactivare a enzimelor, un dezechilibru al proceselor vitale, etc.

Pentru reducerea populației microbiene până la anumite nivele sau pentru distrugerea ei, produsele alimentare sunt supuse la tratamente termice precum pasteurizare sau sterilizare, procese asupra cărora acționează mai mulți factori.

Durata și nivelul temperaturii reprezintă criterii fundamentale și care condiționează distrugerea sau inactivarea sporilor patogeni termorezistenți. Inactivarea sporilor de Clostridium botulinum (cei mai rezistenți la temperaturi ridicate și capabili să se dezvolte în condițiile anaerobe din conserve), constituie criteriul etalon asupra eficacității unui regim termosterilizant. S-a definit timpul de distrugere termică (TDT) ca fiind timpul necesar pentru distrugerea completă a microorganismelor dintr-o suspensie, la o anumită temperatură.

Aciditatea mediului influențează termorezistența microorganismelor, constatându-se experimental că nivelul temperaturilor necesare conservării crește cu pH-ul produselor.

Numărul de microorganisme din produsul vegetal ce urmează a fi tratat termic are o influență semnificativă asupra regimului termic, o metodă simplă de reducere a lor fiind spălarea produsului.

Prezența enzimelor în produse determină regimul termic, constatându-se că folosirea unor temperaturi ridicate pe o perioadă scurtă de timp realizează o inactivare mai lentă a enzimelor, comparativ cu microorganismele.

Termopenetrația. De modul în care se transmite căldura spre zona cel mai greu accesibilă pentru atingerea temperaturii de inactivare, depinde reușita tratamentului termic. Cei mai importanți factori ce influențează transferul de căldură sunt: conductibilitatea termică a produsului și a ambalajului, regimul termic aplicat, temperatura inițială a produsului, agitarea recipientului în timpul încălzirii.

Presiunea osmotică a lichidului din capilarele mediului are o importanță deosebită asupra dezvoltării microorganismelor, care este diminuată pe măsură ce presiunea crește. Această influență este exprimată prin *gradul higrometric* al produsului, definit ca raportul dintre presiunea vaporilor de apă din produs și presiunea vaporilor de apă din atmosferă la saturație și la aceeași temperatură.

Prin **pasteurizare** se urmărește distrugerea formelor vegetative ale microorganismelor, fără afectarea integrală a sporilor. Produsele sunt încălzite la temperaturi inferioare punctului de fierbere al apei (50-95 °C), menținute o perioadă de timp, după care sunt răcite la temperatura următoarei operații din fluxul tehnologic sau la cea de păstrare.

Pasteurizarea se poate aplica atât la produsele neambalate (sub formă de vrac, lichide sau paste), cât și la produsele ambalate, caz în care se folosesc ambalaje din materiale metalice, sticlă, materiale plastice.

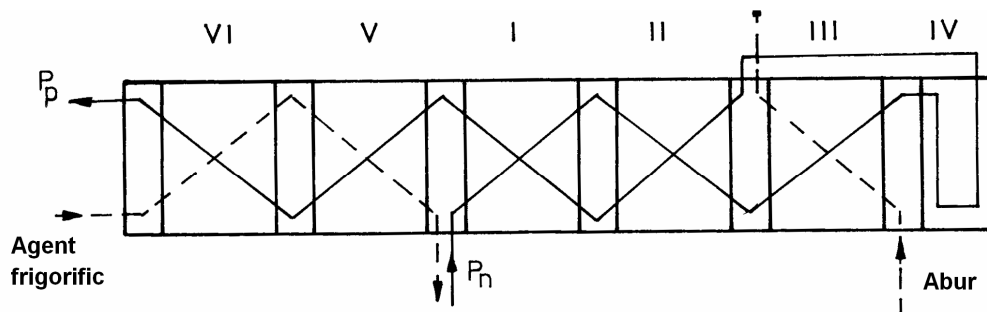


Fig. 6.10. Schema tehnologică a pasteurizării produselor neambalate

Operația de pasteurizare a produselor neambalate se realizează în general prin intermediul unui schimbător de căldură cu plăci (fig. 6.10), având următoarele zone:

- I și II sunt zonele de preîncălzire a produsului nepasteurizat P_n , de la temperatura inițială la cca 60 °C, prin răcirea produsului pasteurizat P_p ;
- III este zona de încălzire la temperatura de pasteurizare (75-95 °C), cu ajutorul aburului;

- IV este zona de menținere a produsului la temperatura de pasteurizare;
- V și VI sunt zonele de prerăcire și răcire finală, folosind un agent frigorific.

Regimul termic corespunzător fiecărei zone se alege în funcție de caracteristicile produsului alimentar ce urmează a fi supus pasteurizării.

În cazul produselor ambalate, instalația de pasteurizare cel mai des utilizată este cea de tip tunel (fig. 6.11). Aceasta este prevăzută cu 5-7 trepte în care se poate realiza regimul termic, pentru toate tipurile de ambalaje în care se află produsele. Astfel dacă la produsele

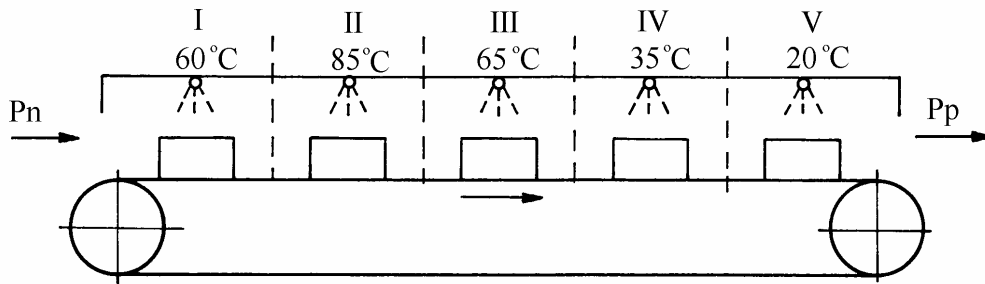


Fig. 6.11. Schema tehnologică a pasteurizării produselor ambalate

ambalate în cutii metalice încălzirea și răcirea se face într-o singură fază, la ambalajele din sticlă acestea se fac treptat, pentru a se evita șocul termic.

Pe zona I are loc încălzirea produsului ambalat până la cca 60 °C, după care banda transportoare aduce produsul în zona II, aici realizându-se încălzirea și menținerea produsului la temperatura de pasteurizare. În zonele III, IV și V se face răcirea în trepte a produsului, corespunzător tipului de ambalaj. Ca agent de încălzire și răcire a produselor ambalate se folosește apa la diferite temperaturi, iar pentru atingerea temperaturii de pasteurizare se folosește abur sau un schimbător de căldură.

Cei mai importanți factori ai pasteurizării sunt durata în timp τ și temperatura de pasteurizare t_p , a căror dependență este dată de relația:

$$\ln \tau = a - b \cdot t_p \quad (6.30)$$

în care: a este coeficient de stabilitate la temperatură a microorganismelor;

b - coeficient de stabilitate la temperatură a mediului în care se află microorganismele.

Cei doi coeficienți se determină pe cale experimentală, în condițiile distrugerii complete a microflorei patogene, dar și a evitării producerii unor modificări fizico-chimice din produs, provocate de temperatură.

Aprecierea ca efect a operației de pasteurizare se poate face folosind criteriul Pasteur (Pa), definit prin relația:

$$Pa = \int \frac{1}{\tau} \cdot d\theta \quad (6.31)$$

unde θ este durata, în secunde, a acțiunii termice (când $\theta = \tau$ pasteurizarea este completă).

Ecuția (2.30) presupune faptul că produsul a fost adus instantaneu la temperatura de pasteurizare.

În realitate efectul termic începe din perioada de încălzire, odată cu depășirea temperaturii minime cu acțiune letală (cca 60 °C), continuă în perioada de menținere și răcire, până la aceeași temperatură minimă.

Efectul bactericid al aparatelor universale de pasteurizare se determină cu relația:

$$Pa_1 + Pa_2 + Pa_3 = Pa \geq 1 \quad (6.32)$$

în care Pa_1 este criteriul Pasteur pentru zona de încălzire a produsului;

Pa_2 - criteriul Pasteur pentru zona de menținere a temperaturii produsului;

Pa_3 - criteriul Pasteur pentru zona de răcire a produsului.

Durata de menținere a produsului la temperatura de pasteurizare este dată de relația:

$$\theta_m = \frac{l_m}{w} \quad (6.33.)$$

unde l_m este lungimea zonei de menținere, în m;

w - viteza produsului în această zonă, în m/s.

În raport cu temperatura și durata de menținere la temperatura de pasteurizare, se folosesc următoarele variante tehnologice:

- *pasteurizare lentă, joasă sau de durată*, la care încălzirea se face la 63-75 °C timp de 5-30 min, în funcție de natura produsului și gradul de contaminare, răcirea fiind lentă (pe cale naturală) sau rapidă;

- *pasteurizare rapidă*, la care încălzirea se face rapid până la temperaturi de 85-90 °C într-un interval de timp de 10-60 secunde, urmată de o răcire rapidă;

- *pasteurizare ultrarapidă*, la care încălzirea se face foarte rapid la temperatura de cca 150 °C, menținerea timp de maxim o secundă, urmată de o răcire foarte rapidă;

- *uperizarea*, se bazează pe faptul că în timpul pasteurizării produsul este pulverizat foarte fin, iar în contact cu aburul supraîncălzit, folosit ca agent termic, se încălzește foarte repede;

- *tyndalizarea* este o pasteurizare repetată la intervale de timp necesare trecerii sporilor în forme vegetative, forme ce pot fi distruse printr-o nouă pasteurizare.

Sterilizarea este operația de distrugere a tuturor formelor vegetative a organismelor vii, inclusiv a celor sporulate și se poate realiza pe cale chimică, cu ajutorul radiațiilor sau pe cale termică.

Alegerea unui regim de sterilizare termică este determinat de termorezistența microorganismelor ce provoacă deprecierea calitativă a produsului, în recipientul ales. Calculele în acest sens sunt extrem de complicate, de aceea s-a determinat experimental curba de distrugere a microorganismelor dată de relația:

$$\frac{2,3}{C} \cdot \lg \frac{N_0}{N_1} = \tau \quad (6.34)$$

în care $2,3/C$ este timpul necesar reducerii populației microbiene la jumătate (C fiind un coeficient ce ține cont de natura microorganismelor);

N_0, N_1 - numărul de microorganismele inițial și final.

Experimental s-a constatat că timpul de distrugere termică este o funcție exponențială de temperatură, legătura timp-temperatură fiind dată de relația:

$$\lg \frac{\tau_{mt1}}{\tau_{mt2}} = \frac{t_1 - t_2}{\Delta t} \quad (6.35)$$

unde τ_{mt1}, τ_{mt2} sunt duratele medii de distrugere la temperaturile t_1 , respectiv t_2 ;

Δt - creșterea de temperatură necesară reducerii la 0,1 a valorii lui τ ($\Delta t = 5-40$ °C).

Dacă temperatura este variabilă relația de bază este:

$$\lg \frac{N_0}{N_1} = \int_0^\tau \frac{d\tau}{10^{\lg \tau_r + \frac{t_r - t(\tau)}{\Delta t}}} \quad (6.36)$$

În ecuația de mai sus τ_r și t_r sunt valori de referință determinate experimental (ex. pentru sporii bacterieni $t_r = 121,1$ °C). Integrala se rezolvă grafic punând în abscisă τ și în ordonată $1/t_m$, t_m fiind egal cu numitorul fracției de sub integrală. Prin integrarea relației timp-temperatură se determină procesul de letalitate totală.

Pentru timpul de distrugere termică (TDT) a microorganismelor se dă relația:

$$\lg \frac{\tau_1}{\tau} = \frac{t - 140}{z} \quad (6.37)$$

în care τ_1 este durata în minute pentru distrugerea microorganismelor la temperatura de 140°C ;

τ - TDT la temperatura $t^\circ\text{C}$;

z - panta curbei TDT.

În aceste condiții viteza de sterilizare a produsului se poate determina cu relația:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_1 \text{anti lg} \frac{140-t}{z}} \quad (6.38)$$

Durata procesului de sterilizare se mai poate determina și din probabilitatea de supraviețuire a microorganismelor în recipient, plecând de la relația:

$$N_1 = N_0 \cdot 10^{-\frac{m_s}{\tau_r}} \quad (6.39)$$

unde m_s este mortalitatea în recipient;

τ_r - durata în minute necesară distrugerii la 140°C a 90 % din microorganisme.

Ca și în cazul pasteurizării, pentru fiecare produs, tip și format de recipient se stabilește o formulă de sterilizare de tipul $\frac{\tau_1 - \tau_2 - \tau_3}{t}$, în care τ_1, τ_2, τ_3 sunt duratele în minute ale perioadelor de încălzire, menținere la temperatura de sterilizare și răcire, t fiind temperatura de sterilizare.

Operația de sterilizare se realizează de obicei în instalații cu funcționare discontinuă, de tipul autoclavelor orizontale și verticale (fig.6.12). Creșterea temperaturii produselor ambalate peste 100°C se face prin încălzirea apei în care sunt introduse, folosind abur direct, după care se introduce în autoclavă aer sub presiune până la valori de 0,15-0,2 MPa. Această presiune se păstrează constantă pe toată durata de menținere și pe jumătate din cea de răcire, respectiv până ce temperatura apei scade sub 100°C . Capacul autoclavei se poate deschide după ce presiunea din interior se egalizează cu presiunea atmosferică iar temperatura apei ajunge la $40-50^\circ\text{C}$.

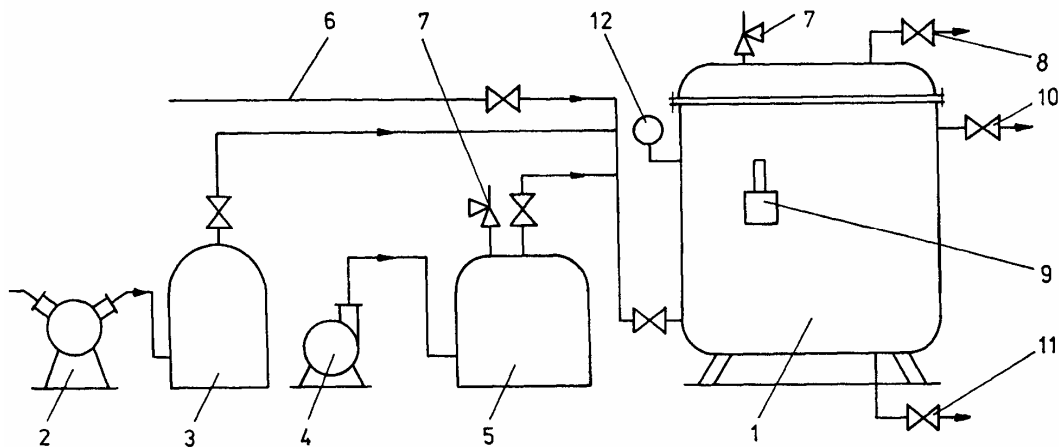


Fig. 6.12. Schema instalației de sterilizare cu funcționare discontinuă cu suprapresiune de aer: 1- autoclavă; 2-compresor; 3-rezervor de aer sub presiune; 4-pompă centrifugă; 5-hidrofor; 6-conductă abur; 7-supapă de siguranță; 8-ventil de aerisire; 9-termometru; 10-preaplin; 11- conductă golire; 12-manometru.

Legumele care dețin cea mai mare pondere în categoria acestor conserve sunt mazărea verde sub formă de boabe, păstăile de fasole verde și tomatele depelate.

Tehnologia conservelor de mazăre. Mazărea este consumată sub formă de boabe verzi conservate, reprezentând peste 20 % din producția de conserve de legume.

Deoarece în stare proaspătă își păstrează calitatea un timp scurt, de la recoltare și până la introducerea ei în fluxul de fabricație trebuie să treacă cel mult două ore, transportul făcându-se în cisterne izoterme. Schema tehnologică de obținere a conservelor de mazăre este prezentată în figura 6.13.

Mazărea se supune unei operații de sortare în trioare (instalații cu site având diametrul diferit), fiind diferențiată pe calități în funcție de mărimea boabelor.

Operația de opărire are ca scop îndepărtarea substanțelor de la suprafața boabelor, scurse de la strivirea țesuturilor vegetale (în urma batozării), înmuierea țesuturilor, provocând dilatarea celulelor și îndepărtarea gazelor și a oxigenului intercelular. Mazărea se opărește la 90-95 °C, timpul de opărire oscilând între 3-10 minute, în funcție de calitatea ei (3-4 min. la mazăre foarte fină și 7-10 min. la mazăre obișnuită). Se va evita supraopărirea întrucât prin înmuierea pronunțată a bobaleor este favorizat fenomenul de amidonare. Limitarea acțiunii căldurii se face prin răcire, operație urmată de o sortare finală.

Umplerea recipientilor se face astfel ca raportul între saramură și boabe să fie cel optim (la mazăre partea solidă trebuie să fie cca 60-65 % din volumul recipientului). Peste boabe se adaugă saramura care în prealabil a fost încălzită la 90 °C, favorizând eliminarea aerului din recipient.

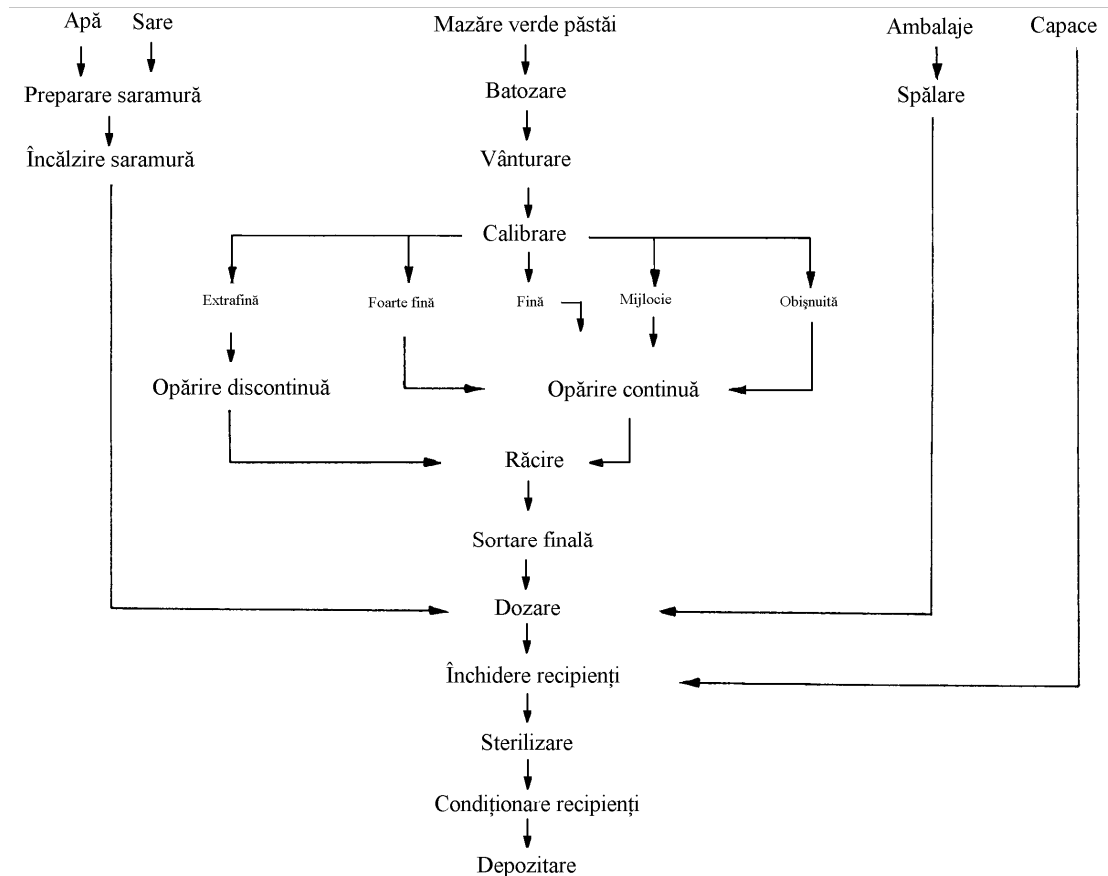


Fig. 6.13. Schema tehnologică de fabricare a conservelor de mazăre verde

O problemă sensibilă este închiderea recipientilor care, în cazul cutiilor se face ermetic, de obicei sub vid, iar la borcane sub acțiunea vidului ce se creează în timpul sterilizării (capacul joacă rol de supapă care la sterilizare permite eliminarea aerului din borcan, etanșarea realizându-se prin vacuumul creat în borcan la răcire).

Operația de sterilizare se face după formula stabilită pe cale experimentală și ea trebuie respectată cu strictețe, orice abatere determinând afectarea calității produselor conservate (ex: la mazărea fină și foarte fină, ambalată în cutii 1/1, relația este $\frac{15-20-15}{120}$ (1,8atm), în care este precizată și presiunea din autoclavă la care se face sterilizarea).

Condiționarea recipientilor se face în funcție de tipul ambalajului și constă după caz, în ștergerea sau uscarea lor, marcare și etichetare.

Tehnologia conservelor de fasole verde. Pentru aceste conserve materia primă o constituie păstăile verzi de fasole, ajunse la maturitate tehnologică și care trebuie să fie fragede dar lipsite de "ață". În mod obișnuit operațiile din fluxul tehnologic de fabricație sunt prezentate în figura 6.14.

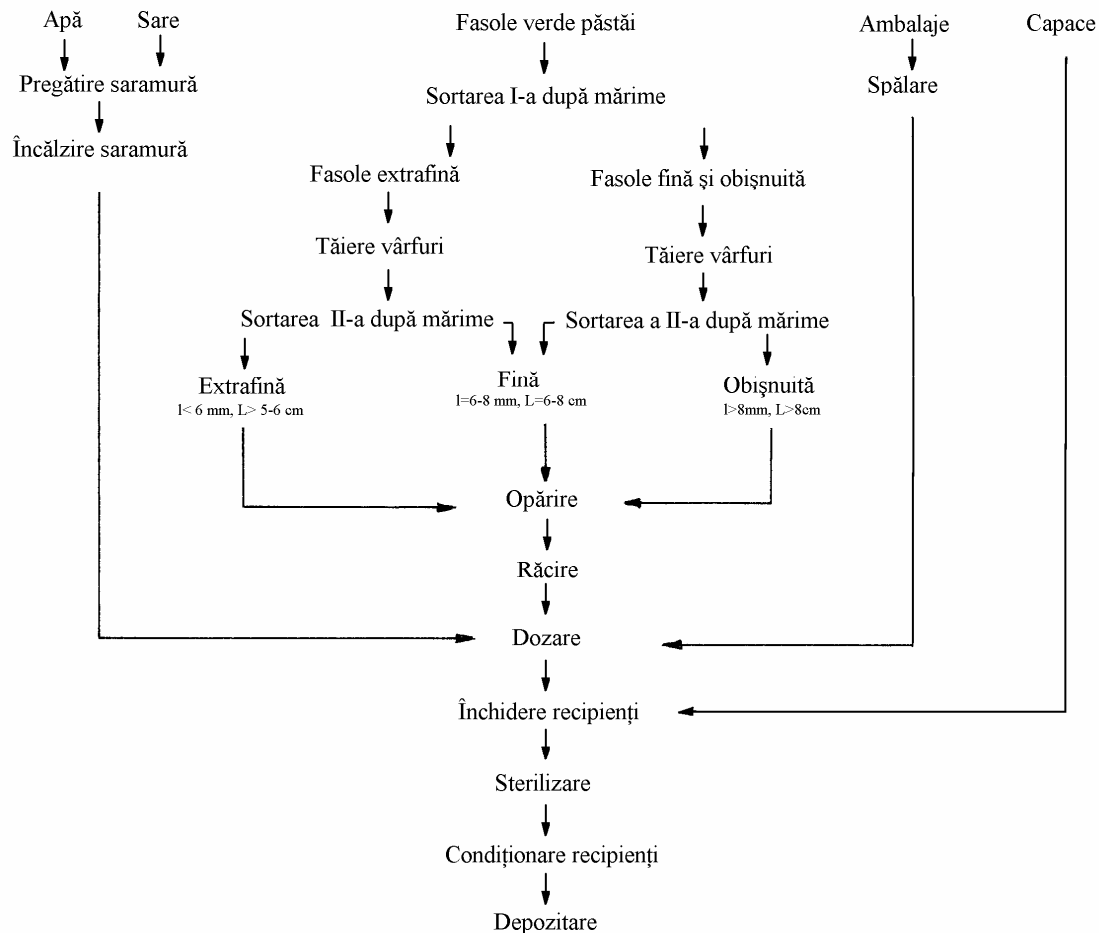


Fig. 6.14. Schema tehnologică de fabricare a conservelor de fasole verde

Într-o primă fază se execută operațiile de sortare, de tăiere a vârfurilor și eventual tăierea păstăilor în bucăți de diverse lungimi. Sortarea materiei prime se face de obicei în funcție de lungimea păstăilor, excepție făcând fasolea grasă care nu se sortează pe dimensiuni. Tăierea vârfurilor se poate face atât înainte, cât și după sortarea păstăilor.

Operațiile de prelucrare cuprind în principal opărirea, umplerea recipientelor și sterilizarea. Opărirea se face în mod discontinuu la fasolea extrafină și continuu la celelalte sorturi (într-un interval de timp cuprins între 3-8 minute), realizând o inactivare a enzimelor și eliminarea aerului din țesuturi. Răcirea se face cu jeturi de apă rece, pe o plasă de sârmă ce asigură și scurgerea apei, urmată de un control final ce urmărește îndepărtarea păstăilor sfărâmate și a eventualelor impurități.

Dozarea păstăilor în recipiente se execută manual, după care se adaugă saramura, în concentrație de 1-2 % și încălzită la 80-85 °C. Sterilizarea se face în instalații cu funcționare continuă (produse ambalate în cutii) sau cu funcționare discontinuă (produse ambalate în borcane), regimul termic fiind caracteristic fiecărui sortiment în parte.

După sterilizare și răcire recipientele cu produsul conservat se spală la exterior, se usucă, se etichetează și se ambalează în vederea depozitării.

Tehnologia conservelor de tomate depelate. Materia primă o constituie tomatele cu textură tare și care rezistă bine la operația de sterilizare. Schema tehnologică de fabricație este prezentată în figura 6.15.

Îndepărtarea pieluței tomatoelor sau depelarea se poate face prin: opărire cu apă sau abur, prin încălzire cu gaze de ardere (300-340 °C și viteza gazelor de 84 m/s) sau pe cale chimică cu soluție de hidroxid de sodiu.

După umplerea recipientilor se pun capacele și se face o primă roluire a acestora. Următoarea operație este exhaustarea, obligatorie la aceste conserve, prin care se aduce temperatura din recipient la cca 75 °C și se elimină o parte din aerul rămas în interior.

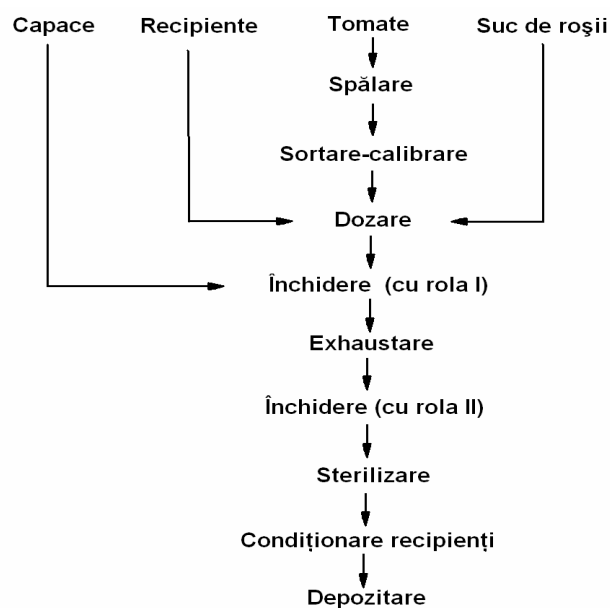


Fig. 6.15. Schema tehnologică de fabricație a tomatoelor depelate

După închiderea definitivă se face sterilizarea și condiționarea recipientelor, conservele astfel obținute fiind depozitate la temperaturi de până la 20-30 °C

Compotul este un produs alimentar obținut prin tratarea termică a fructelor în sirop de zahăr, ambalate în recipiente închise ermetic, siropul de zahăr având rolul de a favoriza atât sterilizarea, cât și de a îmbunătăți calitatea compotului.

Fructele pot fi întregi sau divizate, cele mai folosite la fabricarea compoturilor fiind: cireșele, vișinile, prunele, piersicile, caisele, strugurii, merele, perele, gutuile, ananasul, etc.

Schema generală de obținere a compoturilor este prezentată în figura 6.16, liniile tehnologice fiind structurate pe grupe de fructe (mere-pere-gutui, cireșe-vișine, piersici-caise).

Toate fructele sunt supuse operațiilor de spălare și sortare-calibrare, în urma cărora sunt îndepărtate impuritățile, fructele vătămate sau nematurate. Următoarele operații depind de soiul de fructe și au ca scop eliminarea unor părți necomestibile, divizarea sau opărirea lor.

Prin fierberea apei cu zahăr și filtrarea acestei soluții se obține siropul de zahăr, a cărui concentrație depinde de concentrația finală a compotului și de conținutul în zahăr al fructelor, fiind cuprins de obicei între 35-45 %.

După un ultim control se face dozarea fructelor manual sau mecanizat, în recipiente de sticlă sau metalici, peste care se toarnă siropul încălzit la 60-70 °C pentru cireșe, vișine și prune, respectiv 80-85 °C pentru restul fructelor.

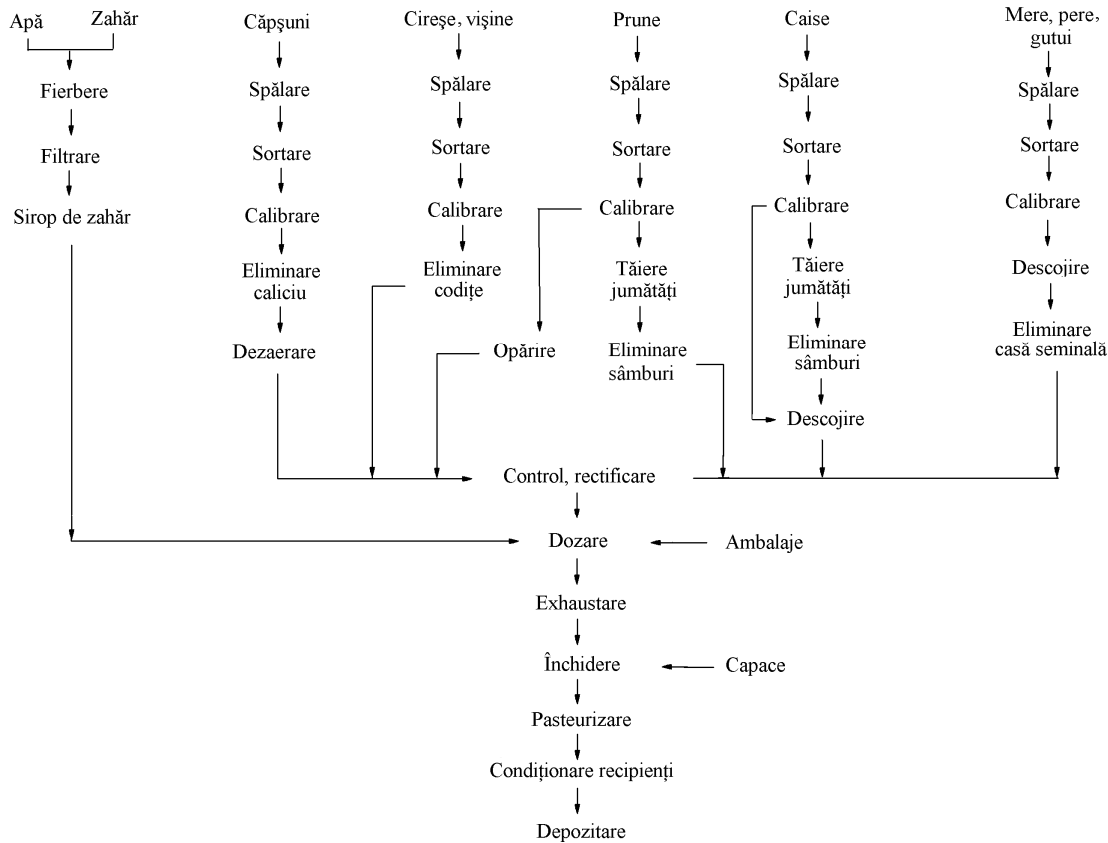


Fig. 6.16. Schema tehnologică de fabricare a compotului

Închiderea recipientelor se face odată cu exhaustarea, astfel că se asigură o depresiune cuprinsă între 150-350 mm Hg, diferențiat în funcție de soi, evitând pe cât posibil prezența aerului în recipienti.

Tratamentul termic de pasteurizare presupune încălzirea recipientelor la cca 100 °C, răcirea la cca 40 °C, iar pentru definitivarea difuziei între fructe și sirop se face o păstrare timp de două săptămâni la temperaturi de 10-20 °C. Prin aceasta se instalează starea de echilibru iar compoturile pot fi expediate către consum.

Cremele din legume și fructe sunt produse alimentare obținute prin strecurarea sau pasarea materiei prime, în urma omogenizării rezultând o pastă cu structură fină.

Pregătirea și condiționarea materiei prime depinde de specie și constă în spălare, sortare, eliminarea părților necomestibile. Pentru înmuierea texturii și creșterea randamentului operației de pasare, materia primă este încălzită la 90-95 °C.

Strecurarea se realizează cu o pasatrice iar pentru obținerea unor creme fine se utilizează grupuri de strecurare având site cu orificii de până la 0,4-0,6 mm, sau folosind mori coloidale. Pentru corectarea însușirilor fizice și senzoriale se face cupajarea cremelor, iar la cremele îndulcite se adaugă zahăr.

Cremele preîncălzite se ambalează în recipiente care, se supun unui tratament de conservare prin sterilizare.

6.5. Tehnologia de fabricare a produselor concentrate din legume și fructe

Prin îndepărtarea unei importante cantități de apă din produsele alimentare se reduce sau chiar încetează activitatea microorganismelor, produsele concentrate prezentând o mai bună conservabilitate. Concentrarea se poate realiza prin evaporare, crioconcentrare și osmoză inversă.

Concentrarea produselor prin evaporare. Procedeele de concentrare sunt continue sau discontinue, iar în funcție de presiunea la care are loc sunt: concentrare la presiune normală și concentrare sub presiune scăzută.

Crioconcentrarea constă în cristalizarea unei părți din apa conținută de soluție și separarea cristalelor din concentratul format. Acest procedeu prezintă unele avantaje calitative foarte importante, deoarece evită modificări de natură chimică sau organoleptică ale produsului, dar solicită costuri investiționale și de exploatare mari.

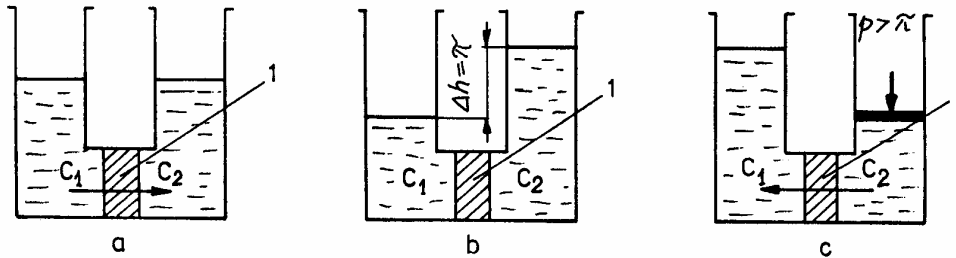


Fig. 6.17. Reprezentarea fenomenului de osmoză: a-osmoză directă, b-echilibru osmotic, c-osmoză inversă, 1-membrană semipermeabilă.

Concentrarea prin osmoză inversă se bazează pe fenomenul prin care, dacă un lichid concentrat este supus unei presiuni care depășește presiunea osmotică, se produce fenomenul de osmoză inversă, adică apa din lichidul concentrat va trece prin membrana semipermeabilă spre apa pură (fig.6.17.).

În sortimentul produselor concentrate obținute din legume, pasta de tomate și bulionul au ponderea cea mai mare, gradul de concentrare fiind cuprins între 18-40 %, în funcție de tipul produsului.

Materia primă, tomatele, trebuie să aibă un conținut cât mai ridicat în substanță uscată, să fie maturate uniform, cu pulpa fructelor suficient de consistentă și culoare roșie intensă. Creșterea sau scăderea substanței uscate cu 1 % față de valoarea standard (5 %), determină modificări ale randamentului instalațiilor de concentrare cu 15-20 %, a duratei procesului de fabricație, cu implicații asupra eficienței economice.

Principalele etape ale procesului tehnologic (fig.6.18) sunt: obținerea sucului, concentrarea și pasteurizarea sucului, condiționarea și ambalarea produsului.

Pentru obținerea sucului tomatele se spală, se sortează, după care se zdrobesc, realizând totodată și separarea semințelor din masa de pulpă înainte de preîncălzirea ei. În acest fel se evită trecerea substanțelor tanante în suc, rezultând o pastă de calitate.

Preîncălzirea pulpei determină trecerea protopectinei în pectină (se îmbunătățește consistența produsului), o inactivare parțială a activității microorganismelor și creșterea randamentului la strecurare. Întrucât prin încălzire se produce și o închidere a culorii pastei, la unele linii tehnologice pulpa este strecurată la temperaturi scăzute. Strecurarea are ca scop separarea sucului de piețițe, operație realizată cu ajutorul pasatricelor, iar pentru creșterea randamentului ea se face în două sau trei trepte.

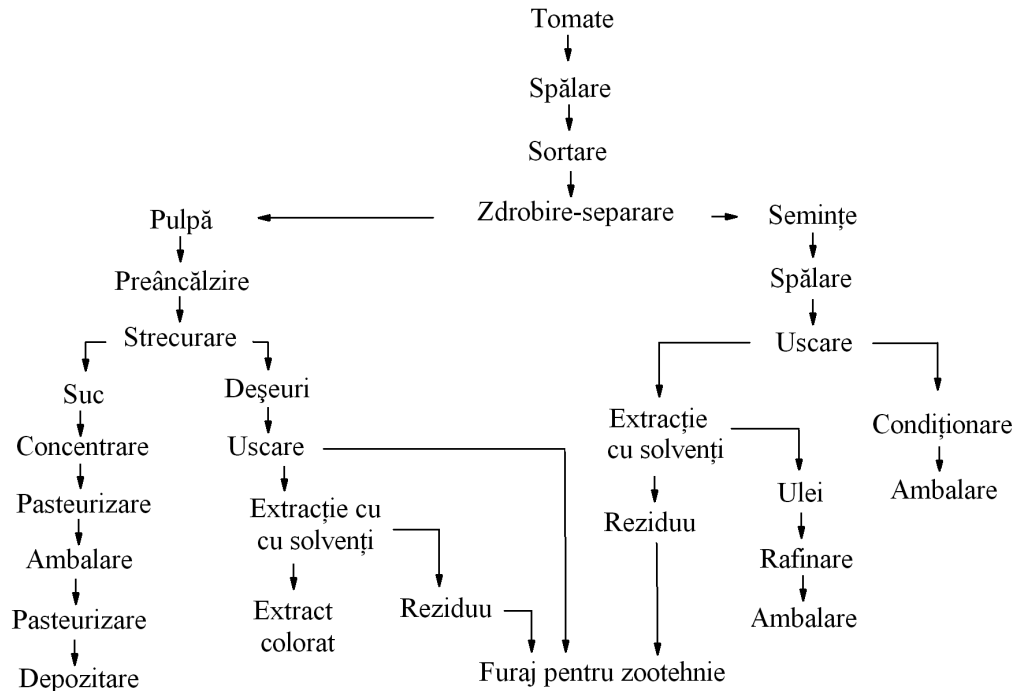


Fig. 6.18. Schema tehnologică de valorificare integrală a tomatelor

Concentrarea sucului este un proces ce depinde de concentrația, temperatura și debitul produsului la intrarea în instalație, precum și de concentrația finală corespunzător celor două categorii de concentrate. Deoarece condițiile de temperatură în care se desfășoară procesul permite unei părți din microfloră să rămână în stare viabilă, operația de pasteurizare a pastei devine obligatorie. O a doua pasteurizare se poate face după ce produsul este ambalat în recipiente ermetice (borcane, cutii metalice de diferite capacități, butoaie, etc.).

Produse concentrate obținute din fructe. Sunt produse obținute din fructe la care se adaugă zahăr într-o proporție în care, prin presiunea osmotică obținută în stare lichidă, are o acțiune anabiotică. Zahărul exercită o acțiune de conservare a produselor față de bacterii și drojdii neosmofile, dar pentru mușcăiuri și drojdiile osmofile sunt necesare tratamente termice de conservare.

În aceeași categorie de produse se regăsesc și sucurile concentrate de fructe, fără adaos de zahăr, tratate cu enzime pectolitice și depectinizate, în figura 6.19 fiind prezentată o schemă de principiu a liniei tehnologice de obținere a lor.

Fierberea, proces complex de difuzie-osmoză, este operația caracteristică acestor produse, având ca scop saturarea fructelor cu zahăr și eliminarea unei părți din apă. Ca metode de fierbere se deosebesc: fierberea cu zahăr, fierberea cu sirop de zahăr, în aparate cu depresiune, fierberea după osmoza la rece a fructelor cu zahăr.

Produsele care se obțin prin concentrarea și adaus de zahăr se împart în produse gelificate și negelificate.

Produsele concentrate gelificate sunt geluri de fructe cu zahăr, pectină și acizi alimentari, fiind reprezentate de gemuri, marmelade și jeleuri. Materia primă o constituie fructele întregi sau divizate (gemuri), marcuri, pulpe sau paste de fructe (marmeladă), sucuri de fructe (jелеuri), la acestea adăugându-se zahăr, acizi alimentari (acid citric, acid tartric) și pectină, ca substanță gelifiantă.

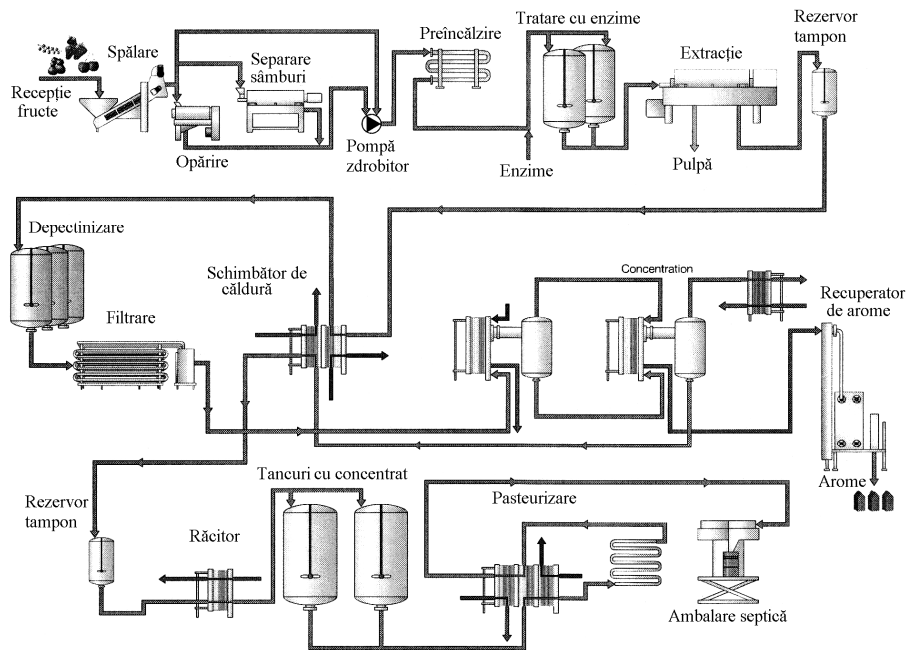


Fig. 6.19. Schema liniei tehnologice de obținere a sucului concentrat din fructe

Proprietatea pectinei de a forma gel crește cu masa moleculară a sa, gradul de gelificare (exprimat în grade) reprezentând cantitatea de zahăr în grame, capabilă să transforme un gram de pectină într-un gel de consistență standard.

Procesul tehnologic de fabricare a produselor gelificate este prezentat în figura 6.20 iar caracteristicile unor produse finite în tabelul 6.10.

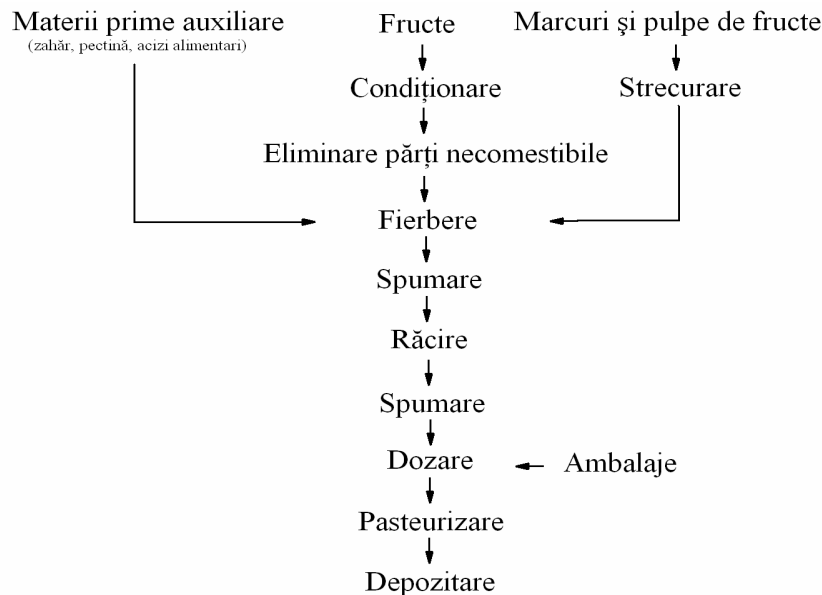


Fig. 6.20. Schema tehnologică generală de fabricare a gemului și marmeladei

Gemul constituie un produs obținut din fructe proaspete sau semiconservate, în care trebuie să se distingă fructe sau bucăți de fructe.

Condiționarea materiei prime cuprinde operațiile de sortare, spălare, curățire, tăiere sau divizare. După eliminarea părților necomestibile se face concentrarea prin fierbere, îmbibarea fructelor cu zahăr și formarea gelului depinzând de raportul dintre pectină, zahăr și acid.

Procesul de fierbere trebuie astfel condus încât fructele să se păstreze pe cât posibil întregi, cu aroma și culoarea specifică.

Răcirea este operația prin care se reduce temperatura produsului până la 75-80 °C, evitându-se astfel caramelizarea zahărului și creșterea vâscozității.

Marmelada se obține din fructe proaspete, marcuri și pulpe de fructe, fierte cu zahăr, cu sau fără adăugare de pectină și acizi alimentari, conform rețetei de fabricație.

Tabelul 6.10. Caracteristicile principale ale produselor concentrate gelificate

Caracteristicile	Gem	Marmeladă	Jeleu
Substanțe solubile la 20°C, min ⁰ ref.	61	61	67-69
Aciditate (malic) %, min	0,5	0,5-1,8	0,7-1,3
Impurități minerale insolubile %, max	0,1	0,05	-
Cupru mg/kg, max	7	15	-
Staniu mg/kg, max	100	100	-

Jeleurile sunt produse gelificate obținute din sucurile de fructe cu adăugare de zahăr, acizi alimentari și pectină. Sucurile folosite ca materie primă provin din fructe cu aromă și culoare bine definite care, în prealabil sunt limpezite, fapt ce determină obținerea unor produse transparente, strălucitoare.

Produsele concentrate negelificate sunt reprezentate de către dulceață, siropul de fructe magiunul, pasta de fructe și fructele confitate. Principalele caracteristici ale unor astfel de produse sunt prezentate în tabelul 6.11.

Dulceața este un produs obținut prin înglobarea fructelor (întregi sau divizate) într-o masă de sirop concentrat, negelificat.

Materia primă o constituie fructele proaspete de cea mai bună calitate, de la o singură specie. Principalele etape ale procesului de fabricație cuprind condiționarea materiei prime, fierberea sau concentrarea și ambalarea produsului finit.

Condiționarea cuprinde spălarea, obligatorie pentru toate speciile de fructe, sortarea (care se repetă de 2-3 ori), iar în funcție de specia de fructe eliminarea părților necomestibile (codițe, sâmburi, casă seminală) și divizarea sau tăierea în diferite forme (jumătăți, sferturi, cuburi, tăiței, etc.).

Tabelul 6.11. Caracteristicile principale ale unor produse concentrate negelificate

Caracteristici	Dulceață	Sirop de fructe	Pastă de fructe
Fructe %	45-55	-	-
Substanțe solubile la 20°C, min ⁰ ref.	72	68	58
Aciditate (malic) %, min	0,7	1	0,8-1,5
Impurități minerale insolubile %, max	0	0,07	0,10
Cupru mg/kg, max	10	12	10
Staniu mg/kg, max	100	100	100

Fierberea fructelor cu zahăr sau sirop de zahăr se face într-o perioadă de timp de 20-40 minute, în funcție de specie, după care produsul este răcit atât pentru asigurarea unei mai bune omogenizări și difuzii, cât și pentru a evita caramelizarea zahărului.

După ambalarea în recipiente ermetice, dulceața se supune unei operații de pasteurizare, putând fi astfel livrată către consumatori.

Siropurile de fructe sunt produse obținute din sucuri de fructe la care s-au adăugat zahăr și acizi alimentari, fiind folosite la fabricarea băuturilor răcoritoare sau a produselor de cofetărie.

Materia primă o constituie de regulă, sucurile de fructe conservate cu bioxid de sulf. Tehnologia de fabricare prevede desulfurarea sucurilor cu recuperarea aromelor, sub formă de produs concentrat și încorporarea lui în sirop. Fierberea sucului cu zahăr trebuie atent condusă pentru a evita pierderile de aromă. Totodată, o fierbere îndelungată determină invertirea zahărului cu îmbunătățirea calității siropului, iar pentru favorizarea fierberii se adaugă acid tartric și acid citric, proporțional cu aciditatea inițială a sucului.

Fructele confitate sunt produse obținute prin impregnarea fructelor cu cantități mari de zaharuri (până la 80 % S.U. solubilă). Materia primă sunt fructele proaspete (întregi sau divizate) sau fructele conservate prin sulfitare.

După o condiționare primară (spălare, sortare, curățire, divizare) fructele se opăresc, operație prin care se elimină agentul conservant, se înmoaie parțial țesuturile vegetale favorizând procesul ulterior de osmoză.

Confitarea este operația prin care fructele se trec prin băi cu sirop de concentrații crescute progresiv, de la 36⁰ref. la 80⁰ref. , la temperaturi apropiate de 100⁰C, după care fructele destinate consumului direct sunt acoperite cu un strat de cristale fine de zahăr (glasare).

Magiunul este produsul obținut la concentrarea prin fierbere a prunelor, de regulă fără adaus de zahăr, umiditatea produsului ajungând la cca 35 %.

6.6. Tehnologia de fabricare a băuturilor din legume și fructe

După modul de obținere băuturile din legume și fructe se pot clasifica astfel:

1 - băuturi nealcoolice (sucuri limpezi sau cu pulpă, băuturi răcoritoare);

2 - băuturi alcoolice: nefermentate (lichioruri, vișinate), fermentate (cidru, suc fermentat) și distilate (rachiuri de fructe);

Tehnologia de fabricare a sucurilor limpezi din fructe. Materiile prime sunt speciile de fructe succulente, cu consistență moale și conținut redus în substanțe pectice și amidon, iar raportul zahăr/aciditate este mai mare de 10/1. În acest fel sucurile obținute sunt bogate în fructoză, acid malic, citric și tartric, vitamine și săruri minerale.

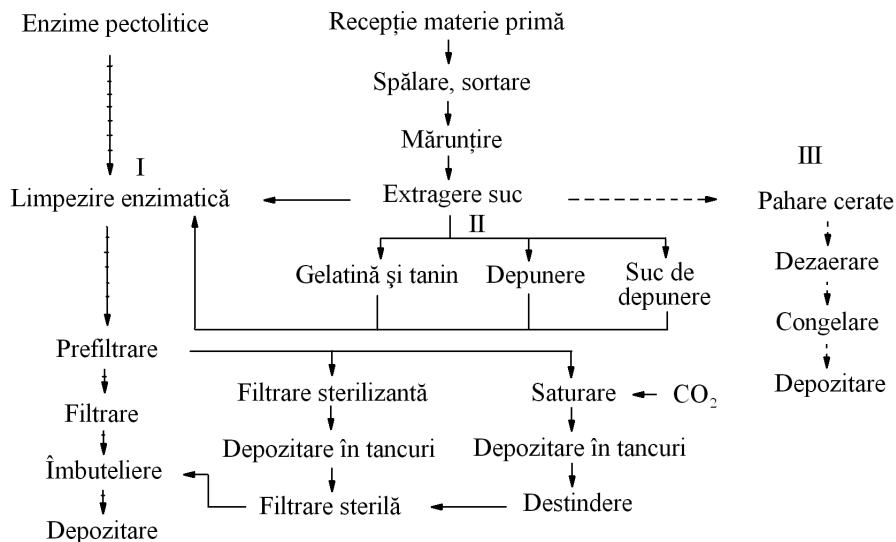


Fig. 6.21. Schema tehnologică generală de fabricare a sucurilor limpezi de fructe: I-metoda Alfa-laval, II-filtrare sterilizantă și saturare cu bioxid de carbon, III-conservare prin frig.

Procesul tehnologic de fabricare depinde de metoda de conservare a sucului de fructe (fig.6.21).

Mărunțirea este o operație care se realizează prin răzuire sau zdrobire și se aplică la fructele mai consistente, mărind astfel randamentul la separarea sucului. Un tratament preliminar aplicat în unele cazuri este macerarea enzimatică a pulpei cu preparate enzimaticice, timp de două ore la temperaturi de 40-45⁰C, având ca scop degradarea substanțelor pectice din pereții celulelor, extragerea mai bună a aromelor și coloranților din pulpa de fructe.

Extragerea sucului se poate face prin mai multe procedee:

- extragerea prin presare: este cea mai folosită metodă, rezultând un suc cu vâscozitate mare și procent ridicat de particule în suspensie, randamentul la extracție fiind însă scăzut (60-70 %);

- extragerea prin centrifugare: se obține un suc limpede, randamentul operației depinzând de gradul de mărunțire al materiei prime și timpul de centrifugare;

- extragerea prin difuziune: sucule obținut este de bună calitate, realizează cel mai bun randament (90-95 %) iar productivitatea este ridicată; sucule este diluat însă cu apa de difuzie și este necesar separarea ei.

Limpezirea suculei are ca scop îndepărtarea particulelor aflate în suspensie (grosiere sau fine) și schimbarea sistemului coloidal al suculei, pentru aceasta folosindu-se mai multe metode:

- autolimpezirea: proces complex biochimic de decantare prin care după un timp sucule se separă în două faze, lichidă și solidă, prin acțiunea enzimelor asupra pectinei care, demetoxilată formează cu ionii metalelor pectanți care sedimentează și prin formarea tananților insolubili rezultați în urma reacției dintre substanțele proteice și tanoide din suc;

- limpezirea prin încălzire rapidă: realizează separarea suspensiilor din suc ca rezultat al coagulării proteinelor; acest lucru se obține prin încălzirea suculei la 75-80 °C timp de 8-10 secunde, urmată de răcire rapidă la 10-20 °C;

- limpezirea enzimatică: se bazează pe hidroliza pectinei din suc cu ajutorul unor preparate pectolitice (Aspergol, Pectinol), favorizând sedimentarea suspensiilor și se realizează în două moduri: la rece (la 10-12 °C timp de 12-24 h) sau la cald (la 40-45 °C timp de 1-4 h);

- limpezirea prin cleire; se aplică la toate sucurile folosind soluții de tanin și gelatină care, trec în stare insolubilă coloizii și proteinele din suc; cleirea se realizează prin adăugarea în prima fază a taninului (1%) și după agitare a gelatinei (3%);

- limpezirea cu bentonită: în concentrație de 0,1-0,3 % bentonita are proprietatea de a absorbi, agrega și sedimenta coloizii din suc, în prezența ei substanțele tanoide formând combinații insolubile cu proteinele;

- limpezirea prin centrifugare: îndepărtează suspensiile grosiere, o mare parte din microorganisme dar nu și suspensiile coloidale, metoda având o productivitate ridicată;

- limpezirea prin filtrare: asigură stabilitatea suculei prin îndepărtarea sedimentelor, ca materiale filtrante folosindu-se pânza, celuloza, azbestul, pământul de infuzori (kiselgur, diatomita, siliciul fosil).

Sucule de fructe obținut după limpezire, atât cel destinat consumului imediat, cât și cel care urmează a fi păstrat o perioadă de timp, se supune operației de conservare prin pasteurizare rapidă sau joasă (la sucule ambalate), cu bioxid de carbon (15 g de CO₂ asigură conservarea în anumite condiții de temperatură și presiune, a unui litru de suc), prin congelare, cu conservanți chimici (bioxid de sulf, acid sorbic, vitamina K), prin concentrare și deshidratare.

Tehnologia de fabricare a suculelor cu pulpă păstrează integral valoarea alimentară a legumelor și fructelor, gustul și aroma lor.

Materia primă, care trebuie să îndeplinească aceleași condiții ca la obținerea suculelor limpezi, după condiționarea primară este supusă unei preîncălziri la 92-95 °C, în vederea înmuierii texturii, inactivării enzimelor și creșterii randamentului în suc.

Obținerea suculei cu pulpă se realizează prin:

- strecurare, rezultând un suc cu fluiditate redusă;

- presare, se obține un suc mai fluid și conținut scăzut în pulpă;

- dezintegrare, se obține o mărunțire fină a materiei prime.

Calitățile senzoriale și caracteristicile fizice ale produsului se corectează prin cupajare (amestecarea diferitelor sucule) sau prin adăugarea de sirop de zahăr (40-60 %). Pentru îmbunătățirea aspectului și stabilității (au tendința de a sedimenta în timp) suculele cu pulpă se supun operațiilor de omogenizare (prin micșorarea dimensiunilor particulelor la 50-100 μ) și dezaerare. Datorită faptului că aerul solubilizat în produs determină oxidarea substanțelor organice, dezaerarea este o operație obligatorie.

După îmbuteliere sucurile cu pulpă se supun unui tratament de conservare, cea mai utilizată metodă fiind termosterilizarea.

Sucurile cu pulpă obținute prin omogenizarea pireurilor de fructe cu sirop de zahăr, cu adaus de acid ascorbic sau citric, se numesc nectare.

Tehnologia de fabricare a băuturilor răcoritoare. Băuturile răcoritoare sunt produse alimentare obținute din sucuri naturale diluate cu apă, la care se adaugă zahăr, arome, coloranți, supuse saturării cu bioxid de carbon (fig.6.22).

Ambalarea băuturilor răcoritoare se face în butelii din sticlă sau materiale plastice, la presiunea de 0,2 MPa, purtând pe ele denumirea fructelor din care provin.

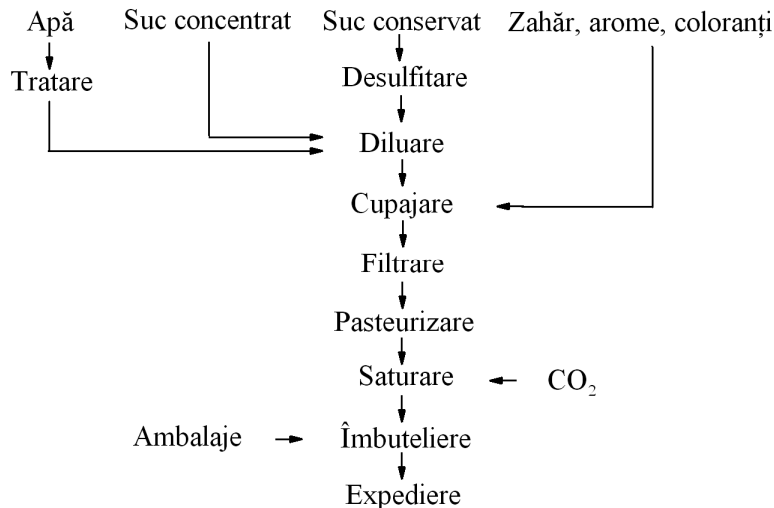


Fig. 6.22. Schema tehnologică de fabricare a băuturilor răcoritoare

Băuturi alcoolice nefermentate din fructe. Se obțin prin alcoolizarea, îndulcirea și aromatizarea unui suc de fructe.

Fructele recoltate la maturitate deplină se supun unei condiționări primare, după care se pun în recipiente. Peste acestea se adaugă 35-45 % zahăr iar după 4-5 zile, ca urmare a fermentării se separă o porție de suc care, filtrată se alcoolizează în concentrația dorită. Aromatizarea rezultă din sucule extras sau se poate face și cu macerate din plante.

Băuturi alcoolice fermentate din fructe. Cea mai reprezentativă băutură este cidrul, obținut prin fermentarea alcoolică a sucurilor din fructe. Materia primă pentru fabricarea cidrului sunt merele, dar se pot folosi și pere, coacăze, vișine și mai rar prune, căpșuni sau afine.

După extragere, sucule se supune corectării conținutului în zahăr și al acidității. Operația de bază este fermentarea care se aseamănă cu fermentarea alcoolică. Pentru obținerea unui cidru de calitate superioară se folosesc drojzii selecționate, iar pentru păstrarea aromelor și înglobarea unei cantități mari de CO₂ în suc, temperaturi de fermentare scăzute.

Limpezirea se face prin filtrare, cleire, centrifugare, iar conservarea prin pasteurizare sau sulfitare, produsul păstrându-se la temperatura de 8-10 °C.

Băuturi alcoolice distilate din fructe. Sunt produse obținute prin fermentarea borhotului și sucurilor din fructe fermentate, se numesc rachii naturale și au ca principale componente apa și alcoolul etilic.

Procesul tehnologic de fabricare a distilatelor (fig.6.23.) are ca etape principale: pregătirea materiei prime, fermentarea, distilarea, rectificarea, condiționarea și învechirea.

Pentru transformarea materiei prime într-un produs ușor fermentabil, aceasta se zdrobește, se strecoară sau se dizolvă în apă caldă.

Pentru fermentarea borhoturilor și a sucurilor de fructe se recomandă folosirea drojdiilor *Saccharomices cerevisiae* și *Saccharomices elipsoideus*, pregătindu-se în prealabil o maia cu care

se însămânțează masa de fructe zdrobite (cantitatea este de 5-10 %). Fermentația alcoolică realizează transformarea, sub acțiunea drojdiilor, a zahărului din fructe în alcool etilic și CO₂.

Durata procesului de fermentare este cuprinsă între 7-14 zile, în funcție de natura și cantitatea de produs supus fermentării, calitatea drojdiilor și temperatură. Fermentarea se recomandă a începe la 17-20 °C, valoarea optimă fiind de 26-28 °C, procesul desfășurându-se normal când pH-ul materiei este cuprins între 3,0-4,0.

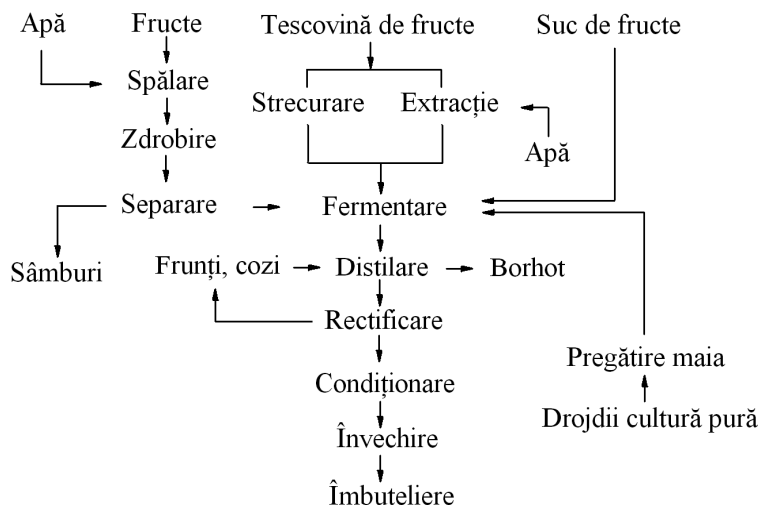


Fig. 6.23. Schema tehnologică de fabricare a rachiurilor naturale din fructe

Produsul fermentat este supus operației de distilare prin care se extrage alcoolul și produșii volatili. La distilare trebuie știut că la acest proces se aplică trei legi generale:

- temperatura de fierbere a unui amestec depinde de raportul concentrațiilor celor două componente și este funcție de concentrația în substanța cea mai volatilă;
- raportul concentrației componentelor în vapori depinde de raportul concentrațiilor în lichidul supus distilării;
- concentrația alcoolică a vaporilor condensați este mai mare decât a lichidului supus distilării și depinde de temperatura de fierbere;

Rectificarea este o distilare fracționată, în scopul obținerii unui lichid cu concentrație alcoolică mai mare și de o puritate înaltă. În prima fază se degajă vapori ce conțin cele mai volatile substanțe precum acetone, aldehide, alcool metilic și care se numesc frunți. În faza următoare se degajă alcoolul etilic care reprezintă rachiul propriu-zis, iar în faza finală se degajă vapori care au un conținut scăzut în alcool, purtând denumirea de cozi.

Condiționarea rachiurilor naturale reprezintă un proces complex ce cuprinde operații de cupajare, diluare, corecție și limpezire, operații care se execută în vederea obținerii unui produs omogen, cu gust plăcut.

Învechirea rachiurilor se face prin depozitarea timp de 1-3 ani în butoaie de lemn. În timpul învechirii are loc dizolvarea în alcool a substanțelor polifenolice din lemnul vaselor, procese de oxidare a alcoolilor cu formarea de acizi care reacționând cu alcoolii formează esteri.

În afara rachiurilor obținute prin metoda prezentată mai există și rachiuri speciale, obținute prin tehnologii specifice, precum: țuca superioară, șlibovița, rachiul superior de caise, de pere, etc.

6.7. Tehnologii de valorificare a subproduselor

În urma prelucrării legumelor și fructelor rezultă cantități importante de deșeuri, reziduuri, resturi, bogate în principii nutritive și care, prin prelucrări ulterioare, pot duce la obținerea unor produse alimentare sau materii prime auxiliare. În această categorie pot fi incluse oțetul alimentar din fructe, pectina, enzime și coloranți naturali.

Oțetul alimentar este produsul de fermentație obținut prin oxidarea enzimatică a alcoolului din unele lichide cu un conținut moderat în alcool. Oxidarea alcoolului în acid

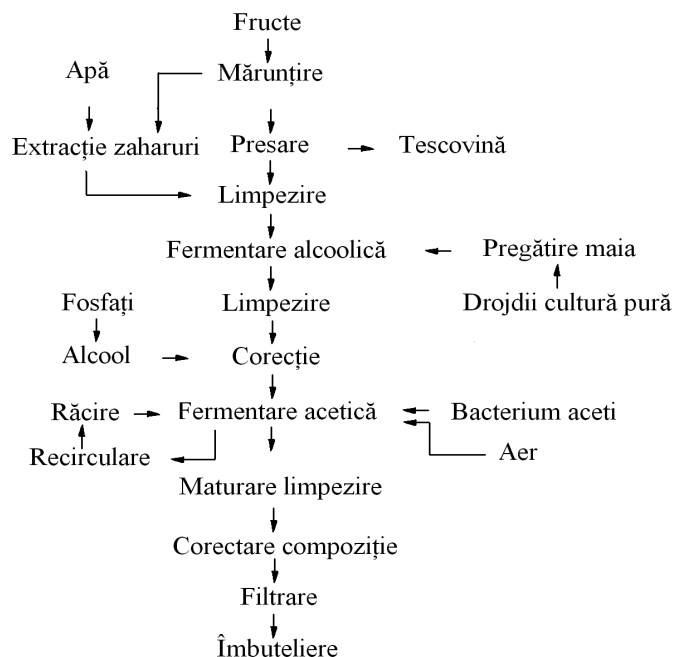


Fig. 6.24. Schema tehnologică pentru obținerea oțetului din fructe

acetic are loc în procesul de fermentație acetică, sub acțiunea unor microorganisme din grupul *Bacterium aceti*. Schema tehnologică de obținere a oțetului alimentar din fructe este prezentată în figura 6.24.

Materia primă la fabricarea oțetului o constituie fructele (mere, pere, prune) și vinul slab alcoolizat. Se folosește cu deosebire sucul de fructe, bogat în substanțe organice și care constituie un mediu favorabil fermentării acetice.

După fermentarea alcoolică sucul se separă de sediment, se limpește și după corecția cu alcool alimentar se supune fermentării acetice, adăugându-se în prealabil, în lichidul alcoolic, un amestec nutritiv format din fosfat de amoniu, de magneziu, de calciu și de potasiu. Procesul de acetificare propriu-zis are o durată ce depinde de metoda de obținere (rudimentară, lentă, rapidă).

Oțetul colectat se păstrează minimum o lună în vase pentru maturare-limpezire, după care se face eventual o corecție de compoziție urmată de filtrare, îmbuteliere, depozitare temporară și livrare.

Pectina alimentară se obține din tescovina de mere rezultată de la fabricarea sucurilor și se poate prezenta ca soluție concentrată, respectiv uscată sub formă de pulbere.

Tescovina proaspătă, ce reprezintă aproximativ 35 % din materia primă supusă prelucrării, ca și cea umedă, trebuie supusă proceselor tehnologice deoarece la câteva ore ea începe să fermenteze, scăzând astfel puterea de gelificare a pectinei. Păstrarea tescovinei în condiții corespunzătoare se face prin deshidratare la 78-90 °C până la umiditatea de 6-8 % și tratată periodic cu bioxid de sulf pentru a combate atacul dăunătorilor. În stare deshidratată tescovina are un conținut în pectină cuprins între 5-20 %.

Materia primă folosită frecvent la obținerea pectinei, în zonele unde nu există culturi de citrice, este tescovina de mere, schema tehnologică de obținere a pectinei fiind prezentată în figura 6.25.

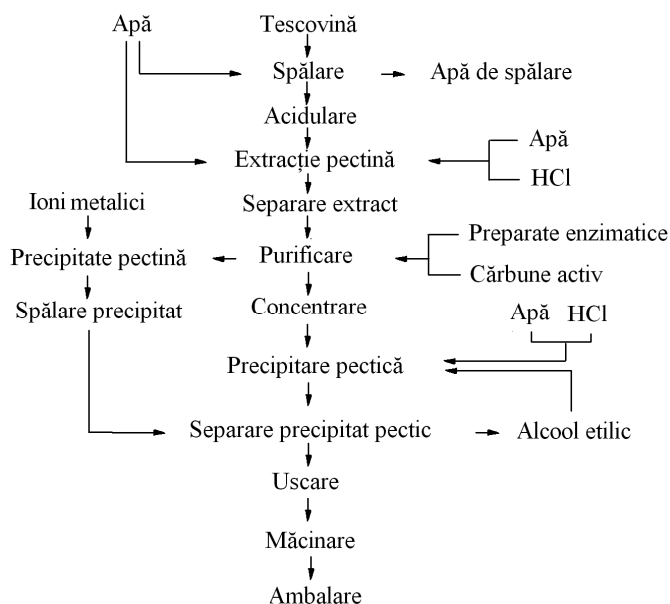


Fig. 6.25. Schema tehnologică de obținere a pectinei din tescovina de mere

Înainte de a fi supusă prelucrării, tescovina de mere se spală cu apă până la temperatura de 40 °C, condiții în care pierderile de pectină sunt minime, fiind antrenată doar pectina solubilă cu putere de gelificare redusă.

În vederea extracției pectinei tescovina se acidulează până la un pH = 2-3 cu o soluție de acid clorhidric sau acid sulfuric. Se încălzește la 85-95 °C cu adăugarea apei pentru extracție în trei etape succesive, ultima fără acidulare. Cele trei soluții de extract proteic rezultate la scurgere sunt răcite la 40 °C și se omogenizează cu lichidul rezultat la presarea tescovinei. Procesul de extracție trebuie condus și urmărit cu atenție, pentru a putea obține o pectină cu grad ridicat de gelificare.

Extractul pectic este supus operației de purificare cu ajutorul preparatelor enzimatice sau a cărbunelui activ, în urma căreia se îndepărtează amidonul, substanțele proteice, precum și compușii care dau turbureala și culoarea închisă a lichidului.

Soluția de extract conține circa 0,15-0,40 % substanțe pectice și de aceea se concentrează în instalații sub vid, unde temperatura maximă nu trebuie să depășească 60 °C, ajungând la o concentrație de aproximativ 12 %. Pectina se precipită cu alcool etilic în mediu de acid clorhidric, rezultând o masă fibroasă ce se separă prin filtrare. Alcoolul folosit la spălare și precipitare se recuperează, fiind reintrodus în circuit. În unele situații, precipitarea pectinei se face cu ajutorul ionilor metalici polivalenți (cum ar fi cei din aluminiu), direct din extractul pectic, caz în care concentrarea în vid nemaifiind necesară.

Precipitatul pectic se supune deshidratării în instalații de uscare în vid, la temperaturi maxime de 75-80 °C, până când produsul finit atinge umiditatea de 4-5 %, este măcinat și ambalat în saci, depozitarea fiind făcută în încăperi uscate, cu atmosferă controlată.

VII. TEHNOLOGII DE FABRICARE A VINURILOR ȘI A PRODUSELOR PE BAZĂ DE MUST ȘI VIN

Strugurii, ca materie primă pentru industrializare, sunt folosiți la obținerea unor produse alimentare precum must, suc, vinuri, distilate, etc. Compoziția chimică a strugurilor este foarte complexă și variază de la un soi la altul, în raport cu gradul de maturare și condițiile pedoclimatice. În funcție de soi și gradul de maturare depinde și compoziția fizică a boabelor (tabelul 7.1), în raport cu care rezultă o cantitate mai mare sau mai mică de must, cu efecte asupra randamentului la vinificație.

Tabelul 7.1. Compoziția fizică medie a boabelor la principalele soiuri de struguri pentru vin

Soiul	Masa 100 boabe (g)	Masa pulpă (g)	Masa must (g)	Masa tesco- vină (g)	Masa pieliță (g)	Masa semințe (g)	Zahăr (g/l)
Aligote	179	154	127	38	17	8	204
Fetească albă	184	163	128	40	14	7	202
Fetească regală	199	177	148	42	16	6	197
Riesling italian	163	145	117	36	13	5	195
Sauvignon	195	148	129	42	14	8	206
Pinot gris	140	116	101	28	16	8	213
Traminer roz	190	165	128	38	15	10	200
Chasselas dore	278	243	149	68	28	7	195
Muscat Ottonel	225	198	164	48	18	9	209
Chardonnay	200	180	148	38	14	6	197
Galbenă de Odobești	320	296	252	92	14	10	202
Grasă de Cotnari	400	372	301	78	19	9	195
Tămâioasă românească	290	264	199	58	18	8	213
Șarba	295	267	224	51	16	12	186
Merlot	160	139	127	36	14	7	209
Cabernet Sauvignon	145	125	103	32	14	6	206
Fetească neagră	195	172	138	41	15	8	197
Băbească neagră	225	197	165	45	15	13	202
Pinot noire	155	135	107	37	13	7	200
Busuioacă de Bohotin	260	234	182	58	16	10	217

Tehnologiile de prelucrare a strugurilor sunt și ele complexe, depinzând de soiul de viță de vie și de produsul ce urmează a fi obținut.

7.1. Tehnologii de vinificație

Vinul constituie băutura obținută prin fermentarea alcoolică, parțială sau totală, a zaharurilor din strugurii zdrobiți sau a mustului de struguri. Pentru ca vinul să fie cât mai bogat în microelemente, este necesar ca strugurii din care a provenit să fie recoltați la maturitatea tehnologică și să nu fie atacați de boli criptogamice, calitatea acestuia depinzând și de tehnologia de prelucrare folosită.

Principalii factori tehnologici care influențează în mod hotărâtor calitatea vinurilor sunt: metodele de obținere a mustului, conducerea fermentației, îngrijirea și condiționarea vinului.

În conformitate cu ultimele reglementări în vigoare, vinurile produse în țara noastră se clasifică astfel:

A. Vinuri propriu-zise

1. Vinuri de consum curent

- 1.1. Vin de masă (VM);
 - 1.2. Vin de masă superior (VMS);
 2. Vinuri de calitate
 - 2.1. Vin de calitate superioară (VS);
 - 2.2. Vin de calitate superioară cu denumire de origine:
 - 2.2.1. Vin cu denumire de origine controlată (VDOC);
 - 2.2.2. Vin cu denumire de origine controlată și trepte de calitate (VDOCC):
 - cules la maturitate deplină (CMD);
 - cules târziu (CT);
 - cules la înnobilarea boabelor (CIB);
 - cules la stafidirea boabelor (CSB);
 3. Vinuri de hibrizi.
- B. Vinuri speciale:
1. Vinuri cu conținut în CO₂ (efervescente): vin spumant, vin spumos, vin perlant, vin petillant;
 2. Vinuri aromatizate: vermut, vin pelin, alte vinuri aromatizate;
 3. Vinuri licoroase;
 4. Alte vinuri speciale.

În ultimul timp o dezvoltare importantă o cunoaște producerea de băuturi cu conținut scăzut în alcool, ale căror caracteristici de compoziție sunt: 3-5 % vol. alcool, aciditate 3-5 g/l H₂SO₄, zaharuri 70-110 g/l, CO₂ în funcție de preferința consumatorului, arome (citrice struguri, fructe, etc.).

Ca și sortimente ce se realizează mai frecvent, se pot menționa:

- petillantul de struguri: are 3 % vol. alcool și este îmbuteliat la 2,5 atm, aroma fiind specifică soiului;
- berea de struguri: are 3 % vol. alcool;
- vinul dezalcoolizat: este obținut prin dezalcoolizarea parțială sau totală a vinurilor, cu sau fără adaos de arome și îndulcitori;
- vinul gazeificat: este îndulcit sau obținut prin adaos de suc de struguri și impregnat cu dioxid de carbon.

Mai nou, se prepară băuturi de tip cocktail prin cupaje de vinuri albe cu sucuri de citrice sau vinuri roșii cu sucuri de fructe de pădure, în circa 40 de variante denumite „cooler”.

În raport cu procedeele și operațiile cu ajutorul cărora se transformă strugurii în vin și de succesiunea desfășurării lor, se deosebesc două tehnologii generale de vinificație:

- tehnologia de producere a vinurilor albe, la care mustul se separă cât mai repede de boștină și se fermentează separat;
- tehnologia de producere a vinurilor roșii, la care mustul se macerează odată cu boștina, iar după separare se definitivează fermentarea.

7.1.1. Tehnologii de producere a vinurilor propriu-zise

Tehnologia de producere a vinurilor albe. În categoria vinurilor albe intră vinurile de consum curent și vinurile de calitate superioară, pentru prepararea lor folosindu-se în general schema tehnologică din figura 7.1. Deosebirile constau în utilajele care compun schema și în însușirile organoleptice și fizico-chimice ale vinurilor. Schema de principiu a liniei tehnologice de producere a vinurilor albe este prezentată în figura 7.2.

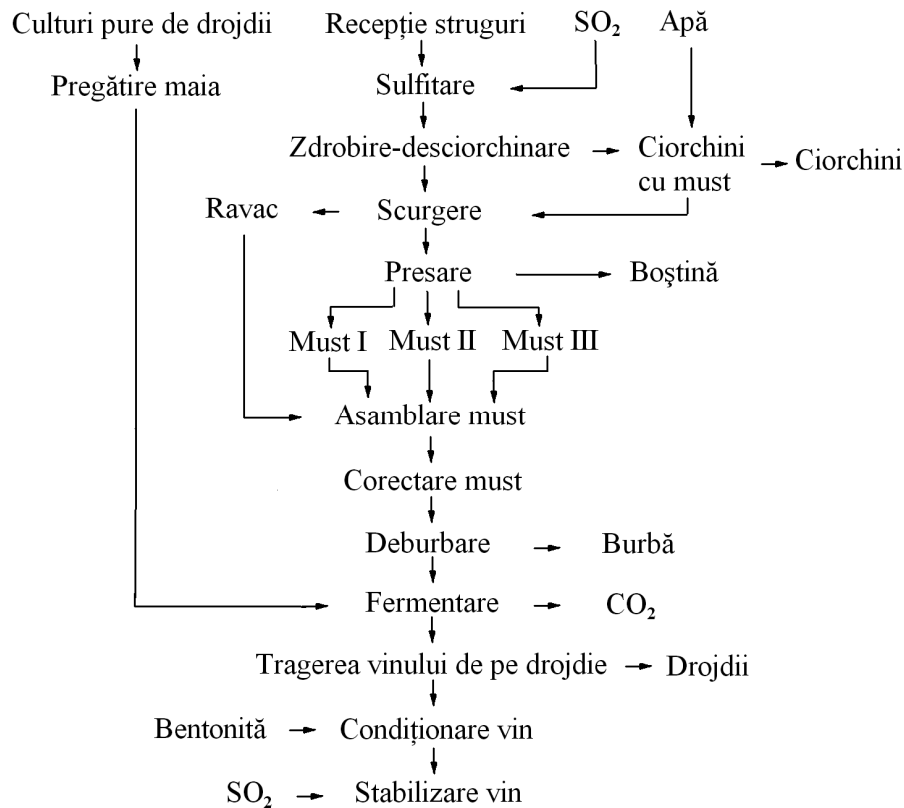


Fig. 7.1. Schema tehnologică de producere a vinurilor albe

Recepția strugurilor se face cantitativ prin cântărire și calitativ prin determinarea conținutului în zaharuri din must, a acidității titrabile, precum și a stării de sănătate (gradul de atacare cu mucegaiul cenușiu), moment în care se face și un tratament cu bioxid de sulf.

Tratamentul cu bioxid de sulf este necesar deoarece pe suprafața boabelor de strugure, în mod natural, se dezvoltă o microfloră formată din drojdii folositoare, drojdii mycodermice, mucegaiuri, bacterii lactice și bacterii acetice care, odată cu zdrobirea, trec în must și determină fermentări bolnave, cu alterarea finală a vinului.

Zdrobirea ciorchinilor constă în spargerea boabelor prin comprimare sau lovire și eliberarea mustului, fără a se produce spargerea semințelor sau strivirea rahisului.

Desciorchinarea sau dezbrobonirea este operația prin care se separă boabele de ciorchine și se realizează concomitent cu zdrobirea. Această operație este încă discutată deoarece prezența ciorchinilor favorizează presarea boștinei, fermentarea și determină, prin taninul său, o conservare mai bună a vinului. Totodată prin desciorchinare se asigură obținerea unor vinuri de calitate superioară, mai puțin astringente, fără gustul ierbos, vinurile se limpezesc mai repede iar conținutul în alcool crește cu cca 0,5 % vol. alcool.

Separarea mustului. Pentru obținerea unor vinuri albe de calitate este necesar să se extragă din boștină o cantitate cât mai mare de must. Separarea părții lichide de fracțiile solide (semințe, pielțe, ciorchini, etc.) se face în două faze: în prima fază se separă prin scurgerea mustului ravac (bogat în zahăr, acizi, substanțe azotoase, tanin), iar în faza a doua prin presarea boștinei, rezultând mai multe fracții de must. Mustul de presă conține în suspensie pielțe, părți de ciorchini, pulpă, fracții care măresc depozitul de drojdie și reduc prin aceasta capacitatea de fermentare.

Presele pentru struguri realizează următorii indici calitativi:

- presele pneumatice: randament 78-80 %, burbă în must 5-8 % și pierderi de maxim 1,5 %;

- presele continue: randament 80-83 %, burbă în must 30-35 % și pierderi maxime de 1,5 %.

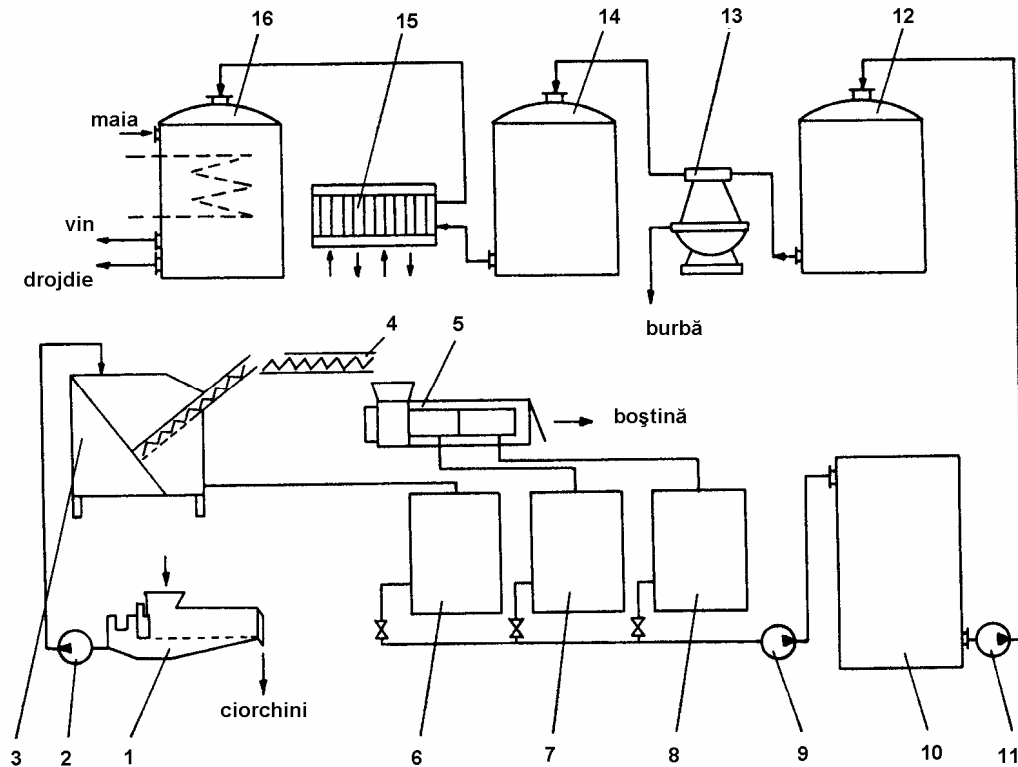


Fig. 7.2. Linia tehnologică de producere a vinurilor albe: 1-zdrobitor-desciorchinător; 2,9,11-pompe; 3-scurgător; 4-transportor; 5-presă; 6-rezervor must ravac; 7-rezervor must presă I; 8-rezervor must presă II; 10-rezervor asamblare must; 12,14-rezervoare tampon; 13-centrifugă; 15-pasteurizator; 16-rezervor termostatat pentru fermentare.

În funcție de calitatea vinului ce urmează a se obține, se face asamblarea diferitelor fracții de must.

Corectarea mustului. În raport cu condițiile climatice, există posibilitatea ca în anumiți ani să nu se obțină struguri și respectiv musturi cu o compoziție chimică armonică, motiv pentru care este necesară operația de corectare:

- corectarea zahărului (șaptalizare), constă în adăugarea de zahăr sau must concentrat care să asigure o tărie alcoolică cerută pentru vinurile de consum, creșterea gradului alcoolic nu trebuie să depășească în acest caz 3 %;

- corectarea cu alcool: în locul zahărului se poate utiliza alcool etilic sau distilat de vin, adăugat în proporții care ridică tăria vinului cu cel mult 2-3 % vol. alcool;

- corectarea prin cupajare, constă în amestecarea unor partizi mari de must cu concentrații diferite în zahăr, din care să rezulte vinuri de consum; metoda nu implică costuri semnificative iar vinurile obținute au o compoziție chimică armonioasă;

- corectarea acidității: reducerea acidității se face prin precipitarea tartraților cu carbonat de calciu (nu mai mult de 2 g/l), iar creșterea acidității se face prin cupajare cu un must cu aciditate mare sau prin adăugarea de acid tartric și acid citric;

- corectarea conținutului în tanin: la musturile sărace în tanin se adaugă coloranți extrași din pielea boabelor sau se cupajează cu soiuri tinctoriale, iar la musturile bogate în tanin prin tratarea lor cu bentonită care sedimentează excesul de tanin.

Limpezirea mustului. În urma operației de presare rezultă un must tulbure, bogat în resturi de pielețe, fragmente de ciorchini, praf, pământ, sulf, cupru, precum și o microfloră dăunătoare sănătății vinului. Pentru îndepărtarea acestora, înainte de fermentare mustul se limpezește astfel:

- prin decantarea în vase sau bazine timp de 18-24 h, cu adăugarea de bentonită (60-100 g/hl) și bioxid de sulf (5-15 g/hl);
- prin răcirea mustului cu frig artificial, la temperaturi la care suspensiile se depun;
- prin centrifugare, când mustul nu mai vine în contact cu aerul, operația de limpezire realizându-se pe măsură ce se vinifică mustul.

Bentonita, argilă naturală, constituie o substanță cu acțiune de limpezire și deproteinizare atât a mustului, cât și a vinului, având o compoziție chimică complexă (70-72 % bioxid de siliciu-SiO₂, 13-15 % trioxid de aluminiu-Al₂O₃, 1,0-1,5 % trioxid de fier-Fe₂O₃, 2,0-2,4 % oxizi- CaO și MgO, 3,0-4,0 % oxizi alcalini- Na₂O și K₂O).

Caracterul său coloidal și sarcina electronegativă a particulelor sale conferă bentonitei o putere de absorbție foarte mare, în special față de proteinele din must și vin. Din punct de vedere chimic bentonita nu intră în reacție cu compușii din must și vin, dar produce o ușoară scădere a acidității

Suspensia separată din must, denumită și burbă, este colectată și prelucrată ulterior prin fermentare și distilare.

Fermentarea mustului. Mustul din struguri începe să fermenteze în scurt timp de la obținerea lui, dacă nu se aplică tratamente pentru inhibarea fermentației.

Fermentarea este perioada de trecere a mustului în vin, timp în care zahărul se transformă în alcool etilic, bioxid de carbon și o serie întreagă de produși secundari care conferă vinului anumite însușiri. Având un rol esențial în obținerea unor vinuri sănătoase, cu caracteristici calitative superioare, fermentarea trebuie condusă cu o grijă deosebită.

Temperatura optimă de desfășurare a proceselor fermentative este cuprinsă între 22-27 °C. O temperatură mai scăzută reduce viteza de fermentare iar una mai ridicată accelerează fenomenul, favorizând dezvoltarea bacteriilor și eliminarea substanțelor de aromă și buchet, la 42 °C fermentarea încetând brusc.

Fermentarea mustului de struguri se face cu drojdiile selecționate de tipul *Saccharomyces apiculata*, *Saccharomyces pasteurianus*, *Saccharomyces ellipsoideus* sau *Saccharomyces oviformis*, pregătite sub formă de maiele de drojdiile (pentru însămânțarea mustului limpezit este necesar 2-4 % maia).

Fermentarea mustului decurge în trei etape.

1. Etapa de înmulțire a drojdiilor sau fermentarea inițială, durează 1-3 zile și se caracterizează prin înmulțirea intensă a drojdiilor cu consum mare de zahăr, tulburarea mustului, o ridicare ușoară a temperaturii și o slabă degajare de bioxid de carbon.

2. Etapa fermentației tumultoase, durează 6-8 zile și se caracterizează prin transformarea unei mari cantități de zahăr în alcool, cu degajare puternică de bioxid de carbon, însoțite de o creștere bruscă a temperaturii (în această fază sunt necesare măsuri de reducere și menținere a ei în limitele optime).

3. Etapa fermentației lente, finale sau liniștite, este cea mai lungă (de la câteva zile până la câteva luni). Într-o primă fază alcoolul produs și conținutul mic de zahăr fac ca activitatea drojdiilor să scadă simțitor, o parte din ele își încetează activitatea și se depun sub formă sporulată, iar ca urmare a reducerii degajărilor de bioxid de carbon temperatura vinului scade treptat, până la valoarea specifică mediului ambiant. În faza următoare în vin iau naștere o serie de elemente noi care îi imprimă gustul și aroma, iar în lipsa degajării de bioxid de carbon sărurile tartrice și suspensiile se depun, vinul limpezindu-se.

Tragerea vinului de pe drojdie sau pritocol este operația de tragere a vinului de pe depozitul de drojdie de la fundul vasului în care a avut loc fermentarea, pentru a provoca o limpezire a lui, o oarecare aerisire în vederea eliminării bioxidului de carbon și a bioxidului de sulf, favorizând astfel maturarea vinului.

Condiționarea vinului. După terminarea fermentării în masa vinului au loc o serie de transformări de natură complexă (fizico-chimice, biochimice), timp în care vinul își dezvoltă calitățile gustative, căpătând personalitatea specifică fiecărui vin. Transformările se petrec în perioade de timp îndelungate și se pot grupa în trei faze principale:

- formarea vinului, este perioada cuprinsă între fermentarea finală și primul pritoc, când se depun celulele de drojdii, suspensiile, substanțele pectice și proteice, o parte din sărurile acidului tartric, se degajă bioxidul de carbon rămas de la fermentare, iar prin autoliza drojdiilor vinul se îmbogățește în substanțe azotoase;

- maturarea vinului, are o durată cuprinsă între 0,5-1,5 ani iar dintre procesele chimice și biochimice, cel de oxidare s-a dovedit a fi mai important (oxigenul realizează insolubilizarea substanțelor nestabile favorizând procesele de maturare, vinurile noi în absența aerului menținându-și prospețimea și aroma);

- învechirea vinului, este perioada în care se obțin calitățile maxime, cu formarea aromei de învechire ca urmare a reacțiilor de esterificare și de acumulare a acetaților, alcoolilor superiori, acizilor volatili, etc.

Egalizarea reprezintă amestecarea vinurilor din mai multe vase, provenite din aceeași recoltă, soi sau tip, în scopul alcătuirii de partizi de vin uniforme, în cantități mari.

Cupajarea constă în amestecarea vinurilor din soiuri diferite, având rolul de a îmbunătăți sau compensa unele deficiențe, defecte sau excese, pentru unul sau mai multe vinuri.

Condiționarea prin egalizare și cupajare asigură: obținerea de partizi mari de vinuri cu compoziție constantă, corectarea lipsurilor constitutive naturale (alcool, aciditate, extract) și defectelor de gust, miros, culoare, transformarea vinurilor prea îmbătrânite prin amestecarea cu vinuri noi.

Stabilizarea vinurilor. În evoluția lor normală vinurile pot suferi o serie de modificări anormale (floarea vinului, oțetirea, băloșirea), fie ca urmare a unor agenți patogeni, fie ca urmare a unor transformări denumite defecte (gust și miros de hidrogen sulfurat, cassă ferică sau cuprică, depuneri tartrice). Prin stabilizare se înțelege îndepărtarea cauzelor care ar putea duce atât la tulburarea lui ulterioară, cât și la modificarea calităților gustative.

Stabilizarea fizico-chimică a vinurilor are ca scop principal asigurarea limpidității vinului și se poate realiza prin mai multe metode.

1. *Tratamente termice:*

- refrigerarea, urmărește precipitarea tartraților, a unei părți din substanțele coloidale, în special a proteinelor, substanțelor pectice, unele substanțe colorante și dizolvarea oxigenului;

- pasteurizarea, este o metodă energetică de stabilizare care determină precipitarea substanțelor termolabile (mai ales a proteinelor), distrugerea microorganismelor, maturarea selectivă în funcție de prezența oxigenului.

2. *Cleire.* Are ca scop limpezirea vinurilor, substanțele dispersate în vin formând particule coloidale încărcate electric și cu mare capacitate de adsorbție. Procesul de cleire este frânat de prezența substanțelor gumice și mucilaginoase care au rolul de a forma coloizi protectori. Temperatura optimă de cleire este cuprinsă între 5-15 °C.

Pentru limpezirea vinului se folosesc următoarele substanțe de natură proteică: gelatina (5-30 g/hl), uleiul de pește (1-4 g/hl), cazeina (5-10 g/hl), laptele (în funcție de conținutul de substanțe proteice). Dintre substanțele minerale cele mai utilizate sunt caolinul (100-150 g/hl) și bentonita (25-200 g/hl).

3. *Demetalizare.* Metalele prezente în vin sunt atât de proveniență naturală, cât și din procesul tehnologic de fabricație. Când ionii de Fe^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} și K^+ depășesc anumite limite apar alterări specifice ale culorii, limpidității și gustului.

Pentru îndepărtarea metalelor din vin se folosesc următoarele metode:

- cleirea albastră sau tratarea vinului cu ferocianură de potasiu, având ca rezultat precipitarea fierului, odată cu acesta precipitând și unele proteine;

- tratarea vinului cu fitat de calciu, realizează precipitarea fierului și a plumbului din vin;

- tratarea vinului cu rășini cationice, acestea putând reține fierul, cuprul, zincul, calciul și aluminiul, realizând totodată și acidifierea vinului.

4. *Stabilizare împotriva depunerilor tartrice.* Sărurile de calciu și potasiu ale acidului tartaric au solubilitate redusă, iar prin reducerea temperaturii acestea precipită sub formă de sediment. Pentru a preveni formarea precipitatului metoda cea mai utilizată este refrigerarea vinului, urmată de filtrare. Mai nou se folosește acidul metatartric care, în concentrație de 8-10 g/hl, împiedică depunerea tartrului timp de un an.

5. *Filtrare și centrifugare.* Majoritatea metodelor de stabilizare fizico-chimică sunt completate cu filtrarea, operație prin care nu se introduc substanțe străine în vin, se reține turbureala și un mare număr de microorganisme, se execută mai rapid decât cleirea și se poate aplica oricând și la orice temperatură. Pentru filtrare se folosesc filtre de colmatare, cu celuloză, kiselgur și filtre cu plăci.

Centrifugarea realizează o limpezire preliminară a vinurilor, ușurând filtrarea. Vinurile maturizate și aproape limpezi nu se pot limpezi foarte bine prin centrifugare.

Stabilizarea biologică a vinurilor este extrem de importantă și rezolvă trei mari probleme:

- oprirea fermentării vinului când acesta mai conține zahăr fermentescibil;
- prevenirea casării enzimatică a vinului, mai ales atunci când provine dintr-o recoltă depreciață calitativ;
- conservarea vinului pentru a preveni procesele de refermentare și fermentările malade.

Se cunosc mai multe metode de stabilizare biologică, cele mai importante fiind:

1. *Tratarea vinurilor cu substanțe stabilizatoare;* din această categorie fac parte:

- bioxidul de sulf, este un puternic antioxidant și antiseptic, fiind folosit în soluție lichidă sau gazos, dozele în care se administrează depinzând de caracteristicile vinului;
- acidul sorbic și sorbatul, au o acțiune fungistatică iar în lipsa acțiunii antioxidante, se utilizează în combinație cu bioxidul de sulf;
- esterul dietilic al acidului pirocarbonic, necesită o tehnologie specială și în anumite condiții poate avea efecte toxice;
- alte substanțe antiseptice: se mai pot folosi benzoatul de sodiu, vitamina K, propionatul de sodiu, acidul monobromacetic, utilizarea lor fiind limitată.

2. *Pasteurizarea,* constă în încălzirea vinurilor limpezi la 60-70 °C timp de 2-3 minute, în absența aerului, operație ce se poate aplica atât înainte, cât și după îmbuteliere.

3. *Filtrarea sterilizantă,* se realizează cu ajutorul plăcilor sterilizante care rețin în porii lor drojdiile și microorganismele de dimensiunile cele mai mici. Filtrarea sterilă nu influențează cu nimic asupra calității vinului, prin faptul că nu introduce nimic în vin și nu îi modifică temperatura.

A. Producerea vinurilor albe de consum curent

Vinurile albe de consum curent sunt în general cu un conținut de 8-10,5 % vol. alcool, aciditate totală de 3,2-5,0 g/l H₂SO₄ și cu extract sec minim de 14 g/l. Se obțin din toate soiuri și sortimente de mare producție, după schema tehnologică generală, cu următoarele observații:

- recoltarea strugurilor se face la maturitatea tehnologică;
- transportul recoltei se face cu bene basculante special amenajate;
- recepția cantitativă se face prin cântărire iar recepția calitativă prin analize sumare, dintre care obligatorie este determinarea procentului de zahăr din boabe;
- desciorchinatul este o operație facultativă;
- mustuiala se sulfitează cu 40-50 mg/l SO₂ când strugurii sunt sănătoși și cu 60-120 mg/l SO₂ dacă sunt atacați de mucegai;
- presarea boștinei se poate face mecanic sau hidraulic;
- asamblarea mustului constă în amestecarea tuturor fracțiilor cu mustul ravac;
- limpezirea mustului se obține prin decantare timp de 6-12 ore, cu asigurarea unui conținut de 25-30 mg/l SO₂ liber;

- corecția de compoziție se face numai în anii cu condiții nefavorabile, administrându-se până la 1,5 g/l acid tartric și maxim 30 g/l zahăr;
- fermentarea mustului se face în cisterne sau budane, iar umplerea vaselor se face imediat după încetarea fermentării tumultoase și apoi periodic la 4-5 zile, până la tragerea vinului de pe drojdie și în continuare;
- tragerea vinului de pe drojdie se face imediat după terminarea fermentației alcoolice, când provine din recolte depreciate și la 3-4 săptămâni, când provine din struguri sănătoși;
- păstrarea se face timp de maxim un an la 10-14 °C, cu priturile și sulfitația necesară, în general acestea fiind consumate ca vinuri tinere (începând chiar după tragerea lor de pe drojdie);
- condiționarea vinurilor înainte de livrare este obligatorie, fiind comercializate ca vinuri neîmbuteliate (la butoi) sau îmbuteliate.

B. Producerea vinurilor albe seci de calitate superioară

Vinurile de calitate superioară au o tărie alcoolică de minim 10,5 % vol, aciditate totală de 3,5-4,0 g/l H₂SO₄ și extract minim de 17 g/l extract sec. Se obțin din soiuri și sortimente recomandate și autorizate, pe eticheta cărora trebuie menționată zona viticolă de proveniență, respectiv soiul sau sortimentul de soiuri din care este obținut. Operațiile tehnologice care se aplică la prepararea acestor vinuri sunt în general aceleași ca la precedentele, cu următoarele mențiuni:

- desciorchinatul este o operație obligatorie;
- se poate face o macerare de scurtă durată în vederea creșterii conținutului de extract al vinurilor;
- asamblarea se va face între mustul ravac și prima fracție de la presare; celelalte fracții se asamblează separat și sunt destinate obținerii de vinuri inferioare;
- tratarea mustului cu bentonită în timpul sau imediat după limpezire în vederea asigurării fermentării pe bentonită;
- fermentarea se va face la o temperatură care să nu depășească 20 °C;
- vinurile se maturează în butoaie de maxim 3000 litri timp de 6-12 luni, în funcție de capacitatea vasului, soi și tipul de vin;
- condiționarea vinurilor tinere se face înainte de livrare, iar a celor destinate maturării se face imediat după pritură și egalizare;
- stabilizarea vinurilor cuprinde operațiile: cleire albastră (obligatorie când conținutul în fier depășește 6 mg/l), stabilizare tartrică (prin refrigerare), pasteurizare (la 70-75 °C) și filtrare sterilă;

- se recomandă ca îmbutelierea să se facă în condiții sterile.

C. Producerea vinurilor albe demiseci, demidulci și dulci de calitate superioară

Față de vinurile seci la prepararea vinurilor cu rest de zahăr, se aplică operațiile prevăzute în schema generală, cu următoarele observații:

- oprirea fermentației se face astfel ca o porție de zahăr să rămână nefermentată, vinul obținut având o dulceață corespunzătoare tipului (demisec, demidulce, dulce); ea trebuie executată atunci când tăria alcoolică este mai mică cu 0,5-1,0 % față de cea proiectată, cea mai simplă metodă fiind sulfitația cu 20-30 g/hl SO₂ concomitent cu bentonizarea (1 g/l);
- condiționarea se face imediat după oprirea fermentării iar pentru asigurarea stabilității biologice procentul de SO₂ liber nu trebuie să scadă sub 25-30mg/l;
- maturarea vinului se face la butoi între 8-18 luni și facultativ la sticle cu o durată de până la 18 luni.

Asemenea vinuri se obțin fără adaus de zahăr, alcool sau must concentrat, din soiuri de calitate cu struguri sănătoși și bine maturați.

D. Producerea vinurilor albe aromate de calitate superioară

Operațiile din fluxul tehnologic sunt similare cu cele care se aplică la obținerea vinurilor albe de aceeași calitate, diferența față de acestea constând în faptul că mustul nu se mai separă rapid de boștină. Astfel el este menținut un timp oarecare în contact cu boștina în vederea

extragerii substanțelor aromate din pielită. În raport cu soiul, gradul de maturare și starea de sănătate a strugurilor, macerarea se face timp de 12-18 ore, la temperaturi de 25-28 °C, în unele cazuri putând atinge și 4 zile.

Tehnologia de producere a vinurilor roșii. La vinurile roșii, în afară de limpiditate, miros și gust, un rol important în aprecierea lor calitativă îl joacă culoarea, iar la cele aromate și aroma. Pentru realizarea acestor însușiri, alături de celelalte operații tehnologice comune obținerii tuturor vinurilor, mai intervine una specifică, macerația (fig.7.3) care modifică sensibil ordinea utilajelor în fluxul de fabricație (fig.7.4).

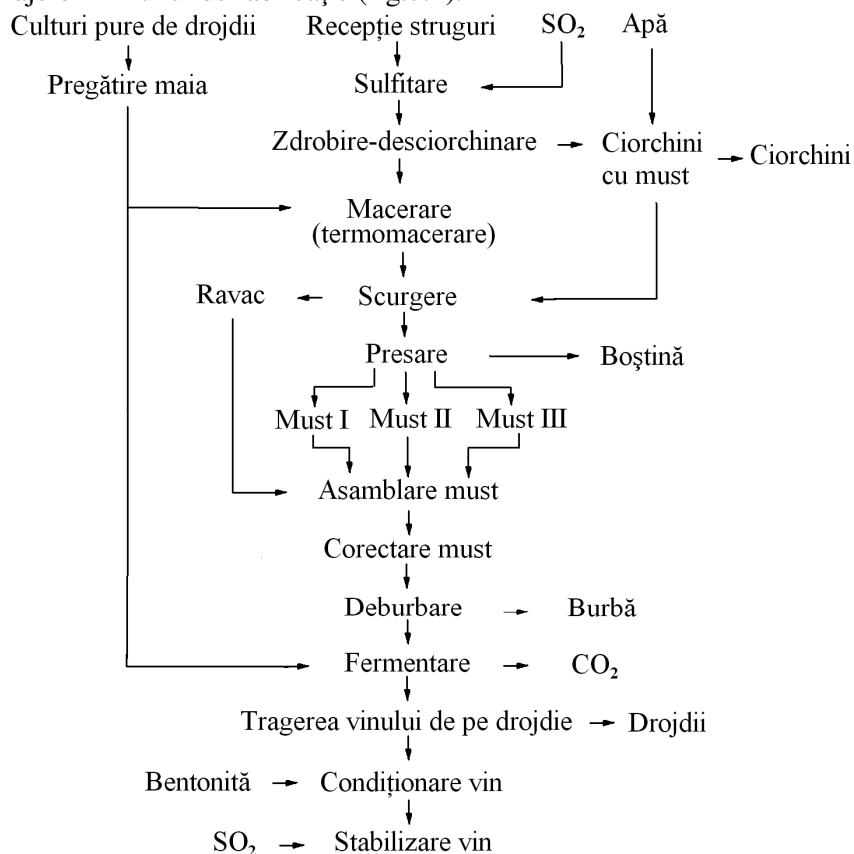


Fig. 7.3. Schema tehnologică de producere a vinurilor roșii

Macerația este o operație tehnologică prin care boștina este menținută în contact cu mustul o perioadă determinată, în vederea extracției anumitor componente din părțile solide ale strugurelui. Dintre acestea substanțele colorante și compușii fenolici, mai ales cei coloranți, prezintă un interes deosebit pentru vinificație.

Extragerea substanțelor colorante se face rapid printr-o macerație de 24-36 ore, însă extragerea compușilor fenolici este mai complexă și de durată. În prima fază se produce dizolvarea substanțelor colorante în must, iar în faza a doua, datorită mișcărilor interne provocate de diferențele de temperatură și degajările de bioxid de carbon, are loc difuzia substanțelor colorante în toată masa de must.

Ca urmare a proceselor de dizolvare și difuzie a antocianilor, intensitatea colorantă a lichidului crește progresiv până atinge valoarea maximă. După aceasta intensitatea scade datorită adsorbției substanțelor colorante de către părțile solide (ciorchini, semințe, levuri), precum și transformării ireversibile a unor antociani în forme incolore sau distrugerii parțiale a lor.

Există o mare diversitate de procedee pentru macerarea boștinii și care în raport cu fermentarea se clasifică astfel:

a) *procedee tehnologice unde macerația se desfășoară simultan cu fermentarea*, sunt cuprinse într-o singură operație numită macerare-fermentare sau fermentare pe boștină;

b) *procedee tehnologice unde macerația precede fermentarea*: sunt două procedee distincte, iar din această categorie se folosesc macerația carbonică și macerația la cald.

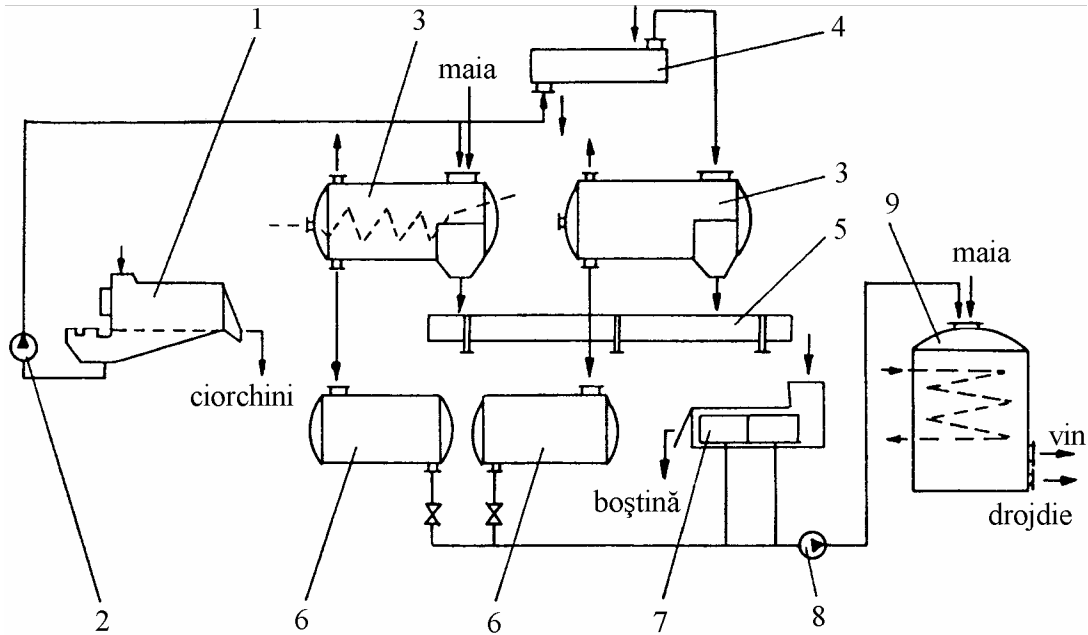


Fig. 7.4. Linia tehnologică de producere a vinurilor roșii: 1-zdrobitor-desciorchinător; 2,8-pompe; 3-cisterne rotative de macerare-fermentare; 4-schimbător de căldură; 5-scurgător-transportor; 6-cisterne pentru vin ravaț; 7-presă; 9-rezervor termostatat pentru fermentare.

Tragerea vinului de pe boștină constă în separarea părții lichide de boștină către sau la sfârșitul macerării, cu trecerea lui într-un vas unde își va definitiva fermentarea. În funcție de momentul când trebuie să se execute există trei cazuri:

- tragerea înainte de sfârșitul fermentației: vinul este dulce și se recomandă să se aplice la vinurile pentru consum curent;
- tragerea imediat după sfârșitul fermentației sau *tragerea la cald*: vinul mai are puțin zahăr și se recomandă la vinurile de calitate mai puțin dure, comercializate rapid;
- tragerea după câteva zile de la sfârșitul fermentației sau *tragerea la rece*: se recomandă la vinurile care vor fi păstrate în vederea maturării și învechirii.

A. Producerea vinurilor roșii de consum curent

Vinurile roșii de consum curent se obțin după tehnologia generală, cu următoarele observații:

- sulfizarea mustuielii este mai redusă, fiind cuprinsă între 30-80 mg/l;
- se administrează maia de drojdie în procent de 3-5 %, favorizând declanșarea fermentației;
- macerarea-fermentarea trebuie condusă ca intensitate și durată pentru obținerea colorației corespunzătoare tipului de vin;
- termomacerarea, totală sau parțială, a mustuielii poate înlocui macerarea-fermentarea, când strugurii sunt slab pigmențați sau sunt depreciați calitativ; în primul caz termomacerarea se face la 60-65 °C timp de 30 minute, iar în al doilea caz la 70-80 °C timp de 15-30 minute;
- definitivarea fermentației alcoolice se face în vase unde este controlată și dirijată, iar dacă extracția culorii s-a făcut prin termomacerație, se adaugă maia 3-5 %;
- stimularea fermentației malolactice imediat după terminarea fermentației alcoolice, prin menținerea vinului la cca 20 °C, evitarea sulfitării, adaus de vin în plină fermentare malolactică;
- condiționarea și stabilizarea vinurilor se face la fel ca la vinurile albe, cu deosebirea că în loc de bentonizare se poate aplica o cleire cu gelatină, iar sulfizarea este mai slabă.

B. Producerea vinurilor roșii de calitate superioară

În general această tehnologie este asemănătoare cu precedentă cu următoarele deosebiri: termomacerarea este mai puțin acceptată, asamblarea se face între mustul ravac și prima fracție de la presare, desăvârșirea fermentației alcoolice va fi astfel condusă încât temperatura să nu depășească 25 °C, fermentarea malolactică este obligatorie, maturarea durează 6-12 luni obținând un câștig în calitate, cleirea se face cu albuș de ou sau gelatină, asigurând o mai bună limpiditate, iar învechirea se face la sticle timp de minimum 6 luni.

7.1.2. Tehnologii de producere a vinurilor speciale

Vinurile speciale sunt produse obținute pe bază de vin la care se folosesc adaosuri de zahăr, de must concentrat, mistel sau alcool alimentar, substanțe aromatizante și care se obțin după o anumită tehnologie.

Tehnologii de producere a vinurilor spumante. Prin vin spumant se înțelege băutura obținută din vin printr-o a doua fermentare în vase închise ermetic și care la temperatura de 20 °C dezvoltă în vase o presiune de minimum 3,5 atmosfere, bioxidul de carbon pe care îl conține fiind de natură endogenă.

Cele mai importante caracteristici ale vinului spumant sunt perlarea (constă în degajarea bulelor mici de bioxid de carbon după destuparea și umplerea paharelor) și spumarea (este dată de formarea la suprafața vinului a unui strat de spumă care se reînnoiește continuu).

După conținutul în zahăr vinurile spumante se împart în următoarele categorii: brute (sub 4 g/l), seci (între 4-15 g/l), demisecei (între 15-40 g/l), demidulci (între 40-80 g/l) și dulci (peste 80 g/l).

A. Prepararea vinurilor spumante după metoda "Champanoise"

Șampania este vinul spumant obținut prin a doua fermentare la sticle numai în zona viticolă Champagne, ciclul de fabricație fiind de minimum 12 luni. Vinurile spumante obținute după aceeași metodă, dar în afara acestei regiuni, se numesc vinuri spumante după metoda "Champanoise" și au ciclul de fabricație de minim 9 luni, schema tehnologică de fabricație fiind prezentată în figura 7.5.

Recepția vinurilor de bază. Vinurile de bază trebuie să îndeplinească o serie de condiții de calitate: minim 9,7 % vol. alcool la 15 °C, aciditatea titrabilă de minim 4,5 g/l în H₂SO₄, extract redus maxim 16 g/l, maxim 150 mg/l SO₂ total, maxim 4g/l zahăr reducător, maxim 15 mg/l Fe, să fie limpezi, fără corpuri străine în suspensie, lipsite de miros, astringență, amăreală. Chiar și în aceste condiții vinurile se supun unei operații de filtrare.

Cupajarea. După recepție și eventualele filtrări, vinurile se cupajează în vederea obținerii unor partizi mari, tăria alcoolică a cupajului trebuind să fie cuprinsă între 10,5-11,5 % vol. În afara acestor limite fermentarea secundară fie decurge greu sau încetează, fie se tulbură vinul la adăugarea licorii de expediție.

Condiționarea vinurilor constă în tratamentul cu ferocianură de potasiu, când vinul de bază conține peste 6 mg/l fier și filtrare sterilizantă, iar stabilizarea față de compușii tartrici prin folosirea acidului metatartric, adăugat împreună cu licoarea de expediție. Nu se recomandă tratarea cupajelor cu frig deoarece scad proprietățile de spumare și perlare a vinurilor finite.

Pregătirea amestecului de tiraj și tirajul. Amestecul de tiraj este alcătuit din vinul de bază, licoarea de tiraj, maiaua de drojdii selecționate și substanțe clarifiante.

Licoarea de tiraj este o soluție de zahăr (de regulă din trestie de zahăr) în concentrație de 500 g/l cu vin cupaj și acid citric, ultimul servind pentru invertirea zahărului.

Cultura de drojdii se înmulțește în laborator, înainte de introducerea în tiraj trebuind să prezinte următoarele caracteristici: alcool 10,5-11,5 % vol. , aciditate totală 3,5 g/l în H₂SO₄, zahăr 30-50 g/l, puritatea 100 %, temperatura de 15-18 °C. Ca substanțe clarifiante se introduc în amestecul de tiraj gelatină (2 g/hl) și tanin (4 g/hl).

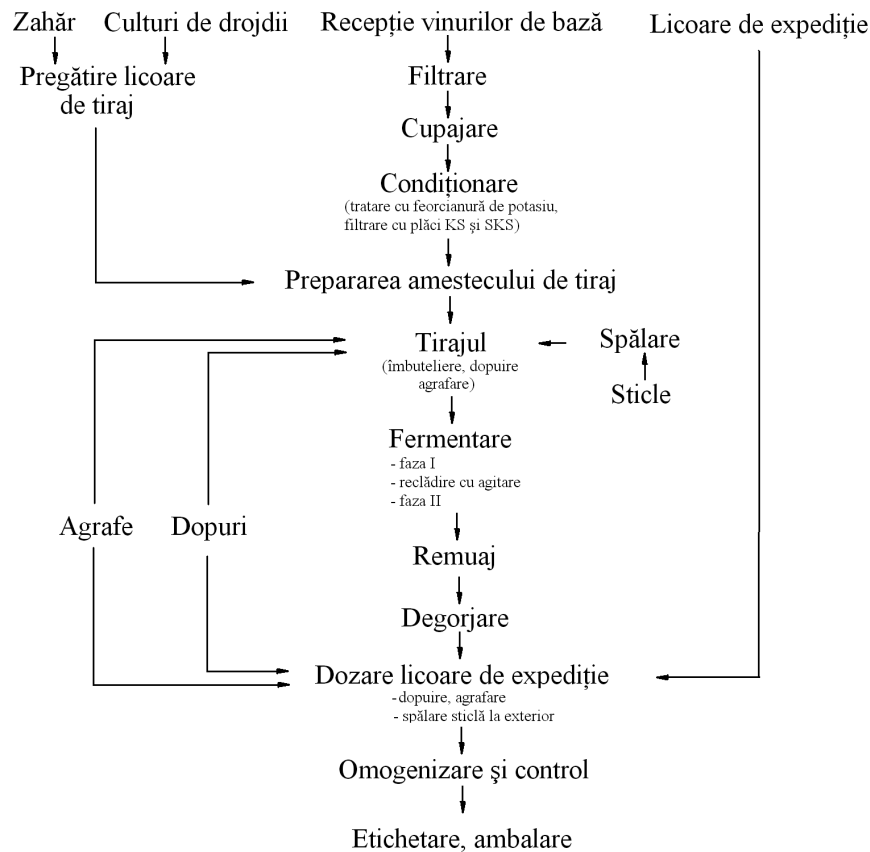


Fig. 7.5. Schema tehnologică de producere a vinurilor spumante după metoda "Champanoise"

Amestecul de tiraj este trecut la îmbuteliere în sticle. Acestea se umplu până la 3-5 cm sub marginea gâtului sticlei, gol necesar pentru acumularea bioxidului de carbon și care produce pocnitura la degorjare. Sticlele se astupă cu dopuri care se fixează cu agrafe metalice de gâtul sticlei.

Fermentarea în sticle. Sticlele se pun pe stive în încăperi speciale cu temperaturi de 11-14 °C, condiție în care bacteriile nu concurează drojdiile, depunerea excesului de săruri tartrice este mai rapidă iar fermentarea decurge lent, cu creșterea treptată a presiunii. Astfel se mărește capacitatea de absorbție a vinului față de CO₂, ducând în final la o mai bună perlare și spumare.

Viteza și durata fermentării în sticle depinde de rasa de levuri folosită, de temperatura încăperii, conținutul în alcool al vinului de bază, densitatea și viabilitatea levurilor (culturilor de drojdii selecționate). În timpul fermentării are loc degajarea de CO₂ care în mare parte este absorbit de către vin, mersul fermentației necesitând un control permanent deoarece pot apărea anomalii precum: fermentare incompletă sau deloc, depuneri anormale și absența luciului vinului.

După cca 6 luni de la efectuarea tirajului sticlele se reclădesc, efectuându-se cu acest prilej și o agitare a lor, având ca efect schimbarea structurii depunerilor, fermentarea completă a zahărului și o stabilizare sporită a vinurilor prin stimularea activității drojdiilor.

Remuajul este o operație mecanică și cuprinde un grup de manipulări făcute în scopul aducerii integrale a sedimentului pe dop, fără afectarea limpidității, operația considerându-se terminată atunci când depozitul este adus și tasat pe dop, iar vinul din sticlă devine perfect limpede, fără aderențe pe pereții sticlei.

Degorjarea este operația de aruncare a depozitului de drojdie adunat pe dop, prin desfacerea agrafei dopul fiind aruncat de către presiunea de bioxid de carbon din interior, operație executată numai de persoane calificate și în spații special amenajate.

Odată ce degorjarea a fost efectuată se adaugă licoarea de expediție. Aceasta este o soluție de zahăr dizolvat în vin vechi de cel puțin trei ani, de bună calitate, care se adaugă vinului spumant în scopul de a-i imprima diferite grade de dulceață, în raport cu tipul de vin dorit. Întrucât prin dizolvarea zahărului în vin conținutul acestuia în alcool și aciditate scade, licoarea de expediție se alcoolizează (alcool rafinat cu bonificatori sau macerate) și se acidifiază (acid citric), iar se adaugă acid metatartric (75 mg/ 750 ml vin spumant), iar în timpul verii sorbat de potasiu (120 mg/ 750 ml vin spumant). Pentru evitarea dezvoltării microorganismelor patogene, licoarea de expediție se sulfitează cu 350 g SO₂ la 1000 l licoare.

Dozarea licorii de expediție și completarea sticlelor se face cu ajutorul mașinilor semiautomate, urmate de dopuire și agrafare.

Omogenizarea licorii de expediție în vin se face prin agitarea puternică a sticlelor, după care acestea se păstrează minimum 15 zile la temperaturi de 10-15 °C. După păstrare sticlele se examinează cu lampa de control, îndepărtându-se cele necorespunzătoare, restul fiind trecute la etichetare și ambalare.

B. Prepararea vinurilor spumante după metoda fermentării în rezervoare

Prin folosirea rezervoarelor metalice din oțeluri inoxidabile de mare capacitate, metoda de obținere a vinurilor spumante se simplifică, devine mult mai rapidă și economică comparativ cu fermentarea la sticle, permițând un grad ridicat de mecanizare și automatizare. Schema tehnologică a acestei metode este prezentată în figura 3.6.

După operațiile de condiționare, vinurile de bază se introduc în recipiente la acestea adăugându-se licoarea de tiraj, licoarea de expediție și culturile de drojdii, fiind astfel pregătite pentru fermentarea secundară. Procesul de fabricație poate continua în două variante.

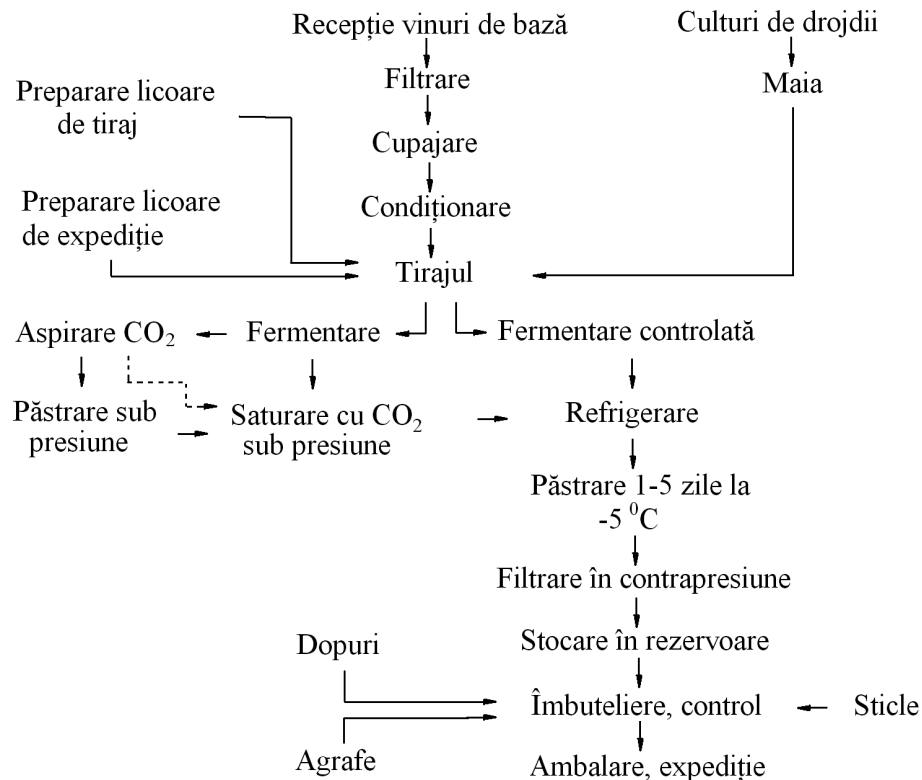


Fig. 7.6. Schema tehnologică de producere a vinurilor spumante după metoda fermentării în rezervoare

I. Ca urmare a însămânțării cu maia fermentarea se declanșează rapid iar presiunea crește, procesul durând 10-15 zile. Când presiunea atinge 5 atmosfere fermentarea se oprește prin refrigerare la -5 °C, vinul fiind păstrat la această temperatură în rezervoare timp de câteva zile. După filtrarea în contrapresiune (pentru a evita pierderile de CO₂) se trece în rezervorul tampon al instalației de îmbuteliere.

II. Fermentarea secundară are loc în rezervoare la presiune scăzută, bioxidul de carbon format fiind aspirat și păstrat într-un recipient la presiune ridicată, în acest fel fermentarea decurgând mai rapid.

După terminarea fermentării se face saturarea vinului cu bioxidul de carbon propriu, la o presiune de 4 atmosfere.

Prin durata și natura proceselor biochimice ce au loc, vinurile spumante obținute prin fermentarea în rezervoare nu egalează, sub aspect calitativ, pe cele obținute prin fermentarea în sticle.

C. Prepararea vinurilor spumante după metoda mixtă sau a transvazării

La această metodă tirajul se face în sticle mari (între 1,5-2,3 l) cu respectarea principiului dublei fermentări la temperatura de 10-12 °C. După fermentare sticlele sunt răcite la -1 °C, transvazate cu o mașină specială într-un recipient metalic răcit și umplut inițial cu un gaz inert. Pentru golirea completă a sticlelor presiunea din recipient trebuie să fie mai mică decât cea din sticle.

Licoarea de expediție se poate adăuga în recipientul gol sau după ce acesta a fost umplut. Conținutul recipientului se răcește la -5 °C și se lasă în repaos 3-4 zile la aceeași temperatură, după care filtrat sub presiune este trecut din nou la sticle.

Metoda are următoarele avantaje: fermentarea în sticle mari cu economie de spațiu, eliminarea operațiilor de remuaj și degorjare, administrarea licorii de expediție la recipient și nu individual (la sticle), pierderi minime de vin și presiune, obținerea unui vin spumant mai limpede ca efect al filtrării, costuri de fabricație mai scăzute.

D. Prepararea vinurilor spumante naturale după metoda "Asti Spumante"

Tehnologia de obținere recurge la stabilizarea vinurilor prin carență de azot și a fost folosită pentru prima dată în regiunea italiană Asti, la prepararea vinurilor spumante din soiul Muscat alb.

Ca materie primă se folosește mustul ravac și cel provenit de la prima presă. După sulfatare și deburbare mustul este centrifugat și răcit la 0 °C, fiind apoi trecut în vase izoterme unde este limpezit cu tanin și gelatină.

După un repaos de câteva zile la temperatură scăzută, mustul se separă de depuneri, se filtrează și se supune centrifugării. După aceasta este păstrat la temperatura mediului ambiant, motiv pentru care mustul intră în fermentație. Procesul se întrerupe prin filtrare sau centrifugare, fiind urmat de tratamente cu tanin, cleiri și filtrări până când se obține un vin cu 6-7 % vol. alcool și o concentrație în zahăr de 80-100 g/l (numărul cleirilor și filtrărilor depinde de calitatea strugurilor și a mustului obținut).

Fermentația secundară se face în vase închise la temperatura de 14-15 °C, după cca două săptămâni realizându-se în vase o presiune de 5 atm. Conținutul se răcește la 0 °C, se filtrează, se refrigerează la -4 °C, temperatură la care se păstrează timp de 10-15 zile. După o ultimă filtrare vinul spumant se îmbuteliază.

Prin operațiile de deburbare, cleiri și filtrări repetate, se elimină partea cea mai mare din drojdii și odată cu ele substanțele azotate asimilabile. Sărăcirea în azot conferă vinului spumant o stabilitate biologică ridicată, conservând în același timp aroma caracteristică soiului.

Tehnologia de producere a vinurilor spumoase. Vinurile spumoase sunt băuturi obținute pe bază de vin impregnat cu CO₂ și adaus de licoare de expediție. Spre deosebire de vinurile spumante, vinurile spumoase sunt mai puțin armonioase, perlarea și spumarea fiind de scurtă durată, presiunea dezvoltată în sticlă la 20 °C fiind de minim 2,5 atmosfere. Prepararea vinurilor spumoase se face după schema din figura 7.7.

Materia primă o constituie vinul care trebuie să îndeplinească aceleași condiții de calitate ca la prepararea vinurilor spumante, să fie sănătos, sec, fără defecte, limpede și cu aromă specifică. Vinul este supus unor operații și tratamente având ca scop ameliorarea gustului, corectarea conținutului în alcool și a acidității, asigurarea stabilității fizico-chimice și biologice.

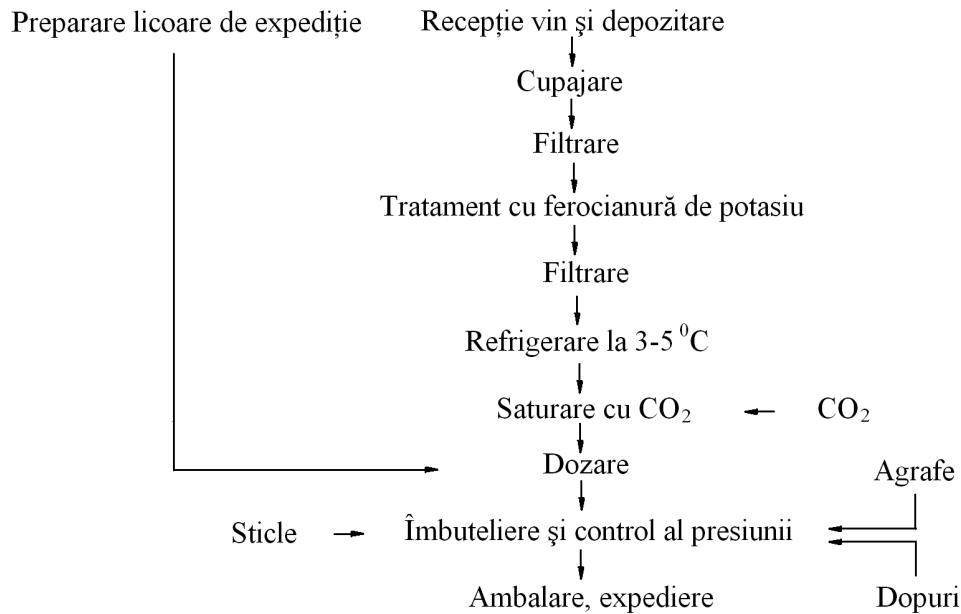


Fig. 7.7. Schema tehnologică de producere a vinurilor spumoase

Licoarea de expediție are caracteristicile organoleptice similare ca la vinurile spumante, cantitatea adăugată fiind cuprinsă între 20,4-41,8 ml/750 ml, în funcție de tipul de vin dorit.

Înainte de impregnare cu CO₂ vinul este răcit la 3-5 °C după care este introdus în instalația de saturare. Presiunea normală de turnare a vinului la sticle este de 2,5 atmosfere. După îmbuteliere sticlele se păstrează în încăperi uscate, ferite de soare și bine aerisite, la temperaturi de 5-15 °C, o perioadă de timp de cel puțin 30 zile pentru înfrățire.

Tehnologia de producere a vinurilor aromatizate. Vinurile aromatizate sunt produse viticole care se obțin din vin cu adaos de zahăr sau must, distilat de vin sau alcool alimentar și substanțe aromatizante obținute din plante. Din această categorie de vinuri fac parte vinul pelin, vermutul și bitterul.

Prepararea vinului pelin. Este un vin sec sau dulceag, cu gust amarui și miros de pelin. Se prepară din vinuri de consum curent la care se adaugă macerat obținut dintr-un număr mare de plante (floare de pelin uscată, floare de peliniță, rădăcină de geșiană, coriandru, cuișoare, etc.), schema tehnologică fiind prezentată în figura 7.8.

Macerarea plantelor mărunțite se face în soluție alcoolică de 45 vol. %, timp de câteva zile, după care se separă lichidul macerat iar boștina se trimite către secția de distilare în vederea recuperării alcoolului.

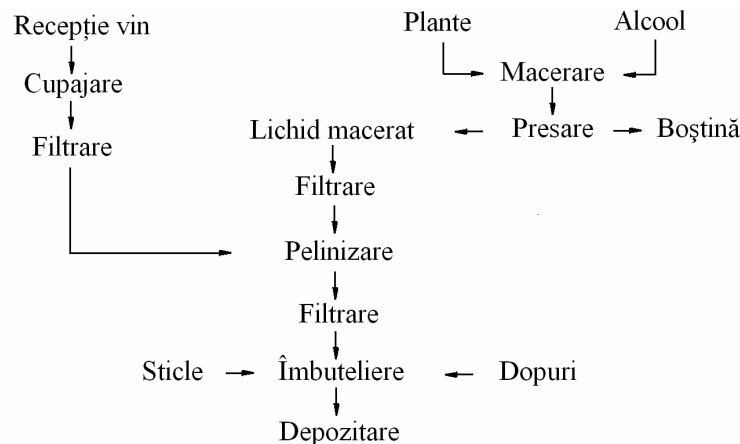


Fig. 7.8. Schema tehnologică de producere a vinului pelin

Vinul stabilizat se pune într-un vas peste care se adaugă maceratul de plante, în cantități ce depind de rețeta de fabricație. Pentru omogenizarea și înfrățirea cu maceratul vinul se amestecă 4-5 ore, apoi se lasă în repaos câteva zile după care se filtrează și se trece la linia de îmbuteliere. Vinul pelin se consumă imediat deoarece printr-o eventuală învechire, își pierde aroma și stabilitatea.

Prepararea vermutului și a bitterului. Vermutul este băutura alcoolică obținută din vinuri albe sau roșii, cu adaos de alcool, zahăr, macerat de plante și alte ingrediente, caracteristicile principale fiind: tăria alcoolică 16-18 vol. %, conținutul în zahăr 40-180 g/l, aromă caracteristică de vermut.

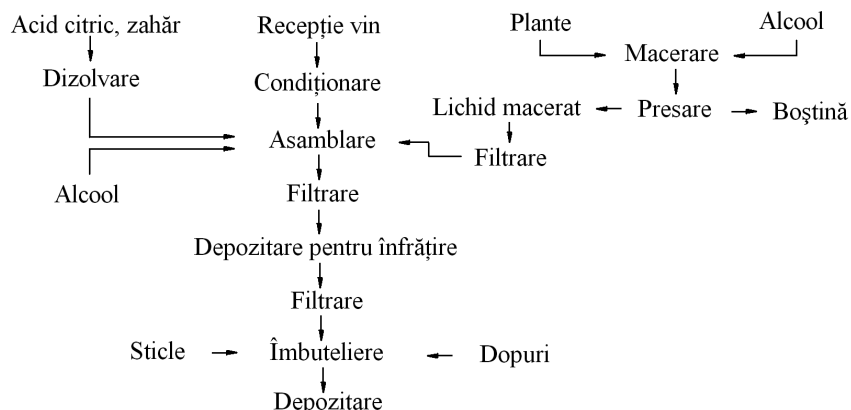


Fig. 7.9. Schema tehnologică de preparare a vermutului și a bitterului

Bitterul este băutura alcoolică aperitivă obținută din vin alb sau roșu cu adaos de zahăr, alcool, macerate de plante și fructe. La fabricarea acestei băuturi nu se admite folosirea substanțelor conservante, sintetice sau a acizilor minerali. Se deosebește de vermut printr-un grad alcoolic mai ridicat (23-25^o), o aciditate mai scăzută și un gust mai amar.

Principalele operații din fluxul tehnologic de fabricație a celor două tipuri de băuturi sunt prezentate în figura 7.9.

Vinurile folosite ca materie primă trebuie să provină din struguri sănătoși, să fie bine condiționate și stabilizate, cu grad alcoolic moderat (10-11 vol. %) și aciditate totală scăzută (3-3,5 g/l în H₂SO₄), vinurile roșii trebuind să aibă terminată fermentația malolactică.

Maceratele de plante dau produsului gustul, aroma și mirosul specific, calitatea băuturilor depinzând în mare măsură de numărul și proporția plantelor ce intră în rețeta de fabricație.

Acidul citric se folosește la corectarea acidității și la prevenirea casării ferice (cu fierul din vin dă citrați de fier ușor solubili).

Vinurile condiționate și stabilizate se trec în vase cu malaxor unde se adaugă componentele în următoarea ordine: zahărul, alcoolul, acidul citric dizolvat în vin și în final maceratul de plante. Conținutul vasului se omogenizează timp de 4-5 ore după care se lasă la limpezit. Băutura obținută se filtrează și se trage în rezervoare unde se lasă timp de 20-40 de zile pentru înfrățire și omogenizare. După această perioadă produsul se filtrează și se trece la îmbuteliere.

7.2. Tehnologii de obținere a produselor pe bază de must și vin

Din grupa acestor produse fac parte sucul de struguri, mustul de struguri, distilatele din tescovină și vin învechite.

Tehnologia de producere a sucului de struguri. Sucul de struguri este un produs obținut din must căruia i s-au aplicat tratamente de stabilizare și conservare. În funcție de natura acestor tratamente se deosebesc: sucuri obținute din must conservat prin metode fizice și sucuri obținute din must conservat prin metode fizico-chimice.

Pentru obținerea sucurilor se folosesc soiuri de struguri de mare productivitate (peste 10 t/ha), cu un conținut în zahăr de minim 150 g/l și o aciditate ridicată 5-6 g/l în H_2SO_4).

Prepararea sucului natural de struguri. Sucul natural de struguri este băutura nealcoolică obținută din soiuri de calitate superioară, prin aplicarea unei tehnologii care îi asigură menținerea caracteristicilor inițiale exclusiv prin procedee fizice (fig.7.10.).

Strugurii recoltați, înainte de zdrobire se supun unei spălări și zvântări, prin care se îndepărtează impuritățile și o mare parte din microflora de pe suprafața boabelor. La prepararea sucului natural se folosește numai mustul ravac și cel de la prima presă.

Următoarele operații care se aplică au ca scop evitarea proceselor de oxidare și fermentare a mustului. După centrifugare mustul este încălzit la 45 °C și tratat cu enzime pectolitice, dozele variind în funcție de conținutul acestuia în substanțe pectice.

Pasteurizarea rapidă (încălzirea mustului la 120 °C timp de câteva secunde) urmată de o introducere aseptică în recipiente sterile, asigură o bună deproteinizare a mustului și distrugerea enzimelor oxidative.

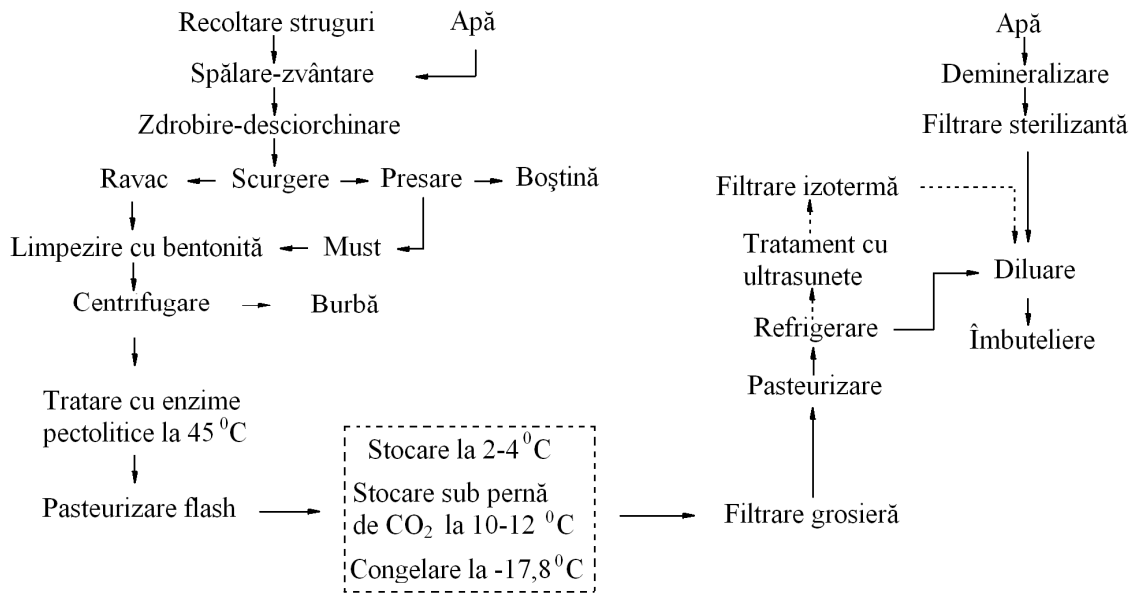


Fig. 7.10. Schema tehnologică de producere a sucului natural de struguri

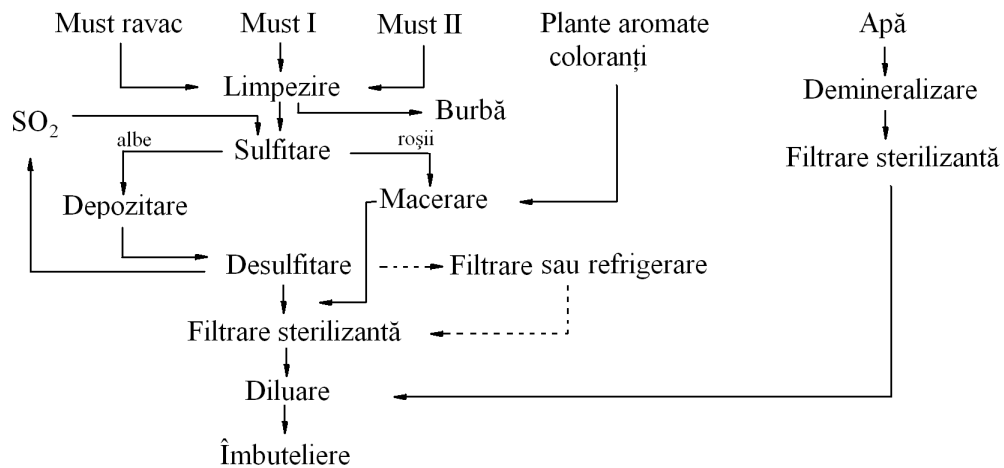


Fig. 7.11. Schema tehnologică de producere a sucului de struguri

Pentru a evita dezvoltarea levurilor și sporilor de mucegai, mustul se poate păstra în trei variante: în camere izoterme la 2-4 °C, sub pernă de CO₂ la 10-12 °C sau prin congelare la -17,8 °C.

În vederea îmbutelierii mustul este scos din depozit, filtrat, pasteurizat, refrigerat, eventual tratat cu ultrasunete (acelerează depunerea tartraților) și în final diluat cu apă tratată (demineralizată și filtrată steril).

Prepararea sucului de struguri. Se obține printr-o tehnologie bazată pe sulfitearea și desulfitearea mustului (fig.7.11), în final sucul nu trebuie să depășească 50 mg/l SO₂ total. Se admite corectarea acidității (maxim 0,5 g/l acid citric), impregnarea cu CO₂, îmbunătățirea aromei și culorii.

Mustul obținut de la scurgere și presare se limpește, iar pentru a putea fi păstrat se sulfitează în doze de până la 600 mg/l SO₂, în funcție de conținutul în zahăr, temperatura și durata de păstrare. Pentru a obține musturi colorate și aromate, mustuiala se sulfitează cu 500-1000 mg/l SO₂, se lasă 5 zile pentru macerare și extragerea substanțelor colorante, după care mustul se păstrează în vase obișnuite.

Desulfitearea se face în instalații speciale, în absența aerului, fără diluare sau concentrare și cu recuperarea aromelor, urmată de filtrare, diluare cu apă tratată și îmbuteliere.

Tehnologia de preparare a mustului de struguri. Mustul de struguri constituie materia primă pentru obținerea vinurilor și a sucurilor, pentru păstrarea lui ca atare o perioadă mai îndelungată de timp, fiind necesare măsuri care să împiedice intrarea în fermentație. Din această grupă fac parte mustul tăiat, mustul alcoolizat sau mistelul și mustul concentrat.

Prepararea mustului tăiat. Mustul sulfitat cu doze de SO₂ și care nu mai intră în fermentație se numește must tăiat. Pentru asigurarea stabilității biologice a musturilor se administrează SO₂ între 600-850 mg/l la must tăiat alb și până la 1000 mg/l la mustul tăiat roșu, cantitatea depinzând de încărcătura sa în levuri.

Prepararea mustului alcoolizat. Mistelul este un must alb sau roșu proaspăt, neintrat în fermentație, limpezit și alcoolizat. Cantitatea de alcool administrată mustului trebuie să împiedice pornirea fermentației (15-20 vol. % alcool).

După separarea mustului de boștină, acesta este sulfitat, limpezit cu bentonită, decantat, filtrat și trecut în vase pentru alcoolizare. La prepararea mistelului roșu mustuiala este trecută în vase închise, alcoolizată și lăsată la macerare timp de 15-20 zile. După macerare se trage mistelul, boștina se presează, amestecându-se apoi cele două fracții.

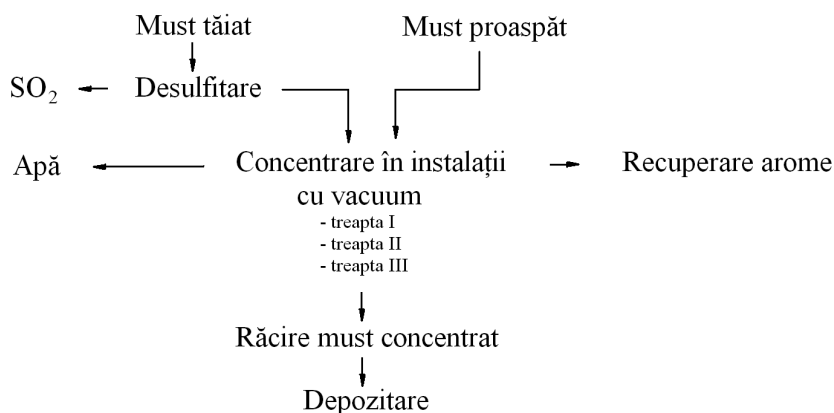


Fig. 7.12. Schema tehnologică de obținere a mustului concentrat

Alcoolul care se folosește la prepararea mistelului trebuie să aibă tăria alcoolică de peste 90 vol. %, iar distilatul de vin de cel puțin 45 vol. %.

Prepararea mustului concentrat. Mustul concentrat este produsul obținut prin eliminarea unei părți a apei din mustul proaspăt sau tăiat, al cărui conținut în zahăr este de cel puțin 650 g/l, după schema din figura 7.12. Concentrarea mustului se face de regulă în concentratoare cu vacuum în trei trepte, instalații prevăzute cu recuperator de arome și desulfitor.

Concentrarea musturilor determină reducerea volumului de depozitare și asigurarea unei bune stabilități biologice. Păstrarea musturilor concentrate se face în recipiente metalice sau din

polistif, menținute tot timpul pline, pentru a evita formarea condensului ce ar duce la diluarea mustului la suprafață și dezvoltarea unor levuri care ar putea produce fermentarea lor.

Musturile proaspete concentrate sunt calitativ superioare celor obținute din musturi suprasulfitate, dar în lipsa unor utilaje de mare capacitate și productivitate, musturile se sulfitează, iar în cursul anului se face apoi desulfitearea și concentrarea.

Tehnologia de producere a distilatelor de vin. Sunt băuturi alcoolice obținute prin distilarea vinurilor, produsul de referință constituindu-l coniacul. Calitatea distilatului învechit de vin, ca produs finit, depinde de calitatea materiei prime, modul de distilare și de învechire a distilatului. Tehnologia de obținere a distilatelor de vin este prezentată în figura 7.13.

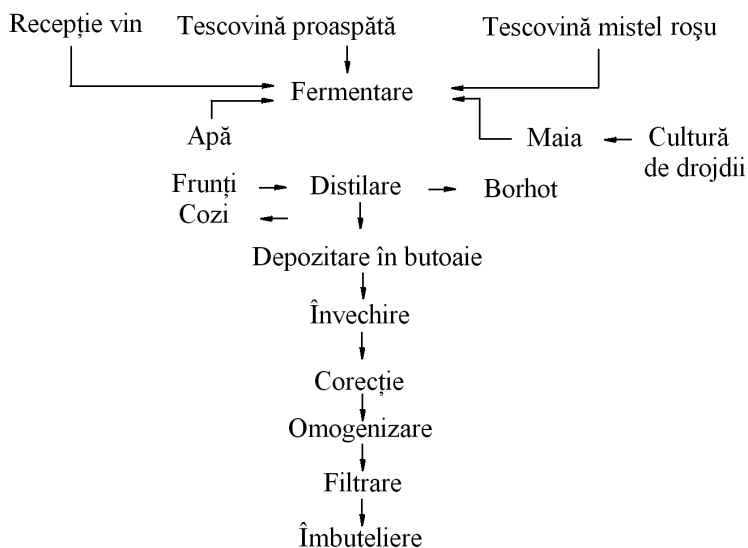


Fig. 7.13. Schema tehnologică de obținere a distilatelor de vin

Materia primă pentru obținerea distilatelor o constituie vinul care trebuie să îndeplinească următoarele condiții de calitate: tărie alcoolică cca 10 vol. % sau chiar mai scăzută, aciditate volatilă redusă, aciditate fixă de 6-7 g/l în H_2SO_4 , conținutul în zahăr sub 4 g/l, procente scăzute de extract și SO_2 . Tot pentru distilare se mai folosește tescovina de struguri și cea provenită de la presarea mistelului roșu (conține o importantă cantitate de alcool).

Distilarea vinurilor se face imediat după terminarea fermentației alcoolice, procesul decurgând în cele trei faze. Prin distilare se urmărește separarea și concentrarea principalilor compuși volatili ai vinului și în special a alcoolului etilic.

Pentru învechire, în vederea obținerii unor produse de calitate superioară, doar fracțiile de mijloc de la distilare se pun în butoaie de stejar cu capacități de 500-550 l, depozitate în spații special amenajate, în general distilatele supuse învechirii având tăria alcoolică de 56-70 vol. %. Sub acțiunea alcoolului, din lemnul butoiului sunt dizolvate și extrase tanin, polifenoli, compuși coloranți, săruri minerale, hemiceluloză, lignină solubilă în alcool, etc. Asupra acestora precum și a constituenților proveniți din distilare acționează, în special, procese de oxidare, accelerate de unele substanțe din distilat.

Lignina extrasă suferă un proces de descompunere, rezultând constituenți aromatici de tipul vaniliei și care conferă produsului un miros plăcut. Hemiceluloza hidrolizează rezultând zaharuri simple, reducătoare, care contribuie la îmbunătățirea gustului. Substanțele tanoide imprimă un gust dur, care după oxidarea lor se ameliorează prin apariția unor nuanțe de dulceag.

Perioada de învechire diferă în funcție de calitatea distilatului ce urmează a fi obținut. Pentru distilate de calitate inferioară perioada este de 4-5 ani, pentru cele mijlocii de 15 ani, iar pentru cele superioare de 15-20 ani.

Înainte de îmbuteliere se face corecția în alcool a distilatului învechit (se diminuează la 38-42 vol. %), folosind apă distilată, ape aromate învechite, distilate de vin de 20-25 vol. %

învechite. Urmează o ușoară îndulcire cu zahăr caramelizat și dizolvat în distilat, după care, în vederea omogenizării, produsul se lasă un timp în recipiente (câteva luni, timp în care se face și o limpezire).

7.3. Prelucrarea produselor secundare de la vinificație

Ca produse secundare mai importante rezultate din procesele de vinificație se pot menționa:

- tescovina, rezultată la presarea strugurilor albi sau roze și a produselor fără alcool, respectiv de la presarea boștinei fermentate de la strugurii roșii;
- drojdiile, care se depun pe fundul vaselor de fermentare a vinului;
- burba, rezultată de la limpezirea mustului;
- depunerile de la limpezirea vinurilor;
- borhotul, care rezultă de la distilarea vinului.

Din aceste materii prime, prelucrate în mod corespunzător se pot obține produse suplimentare cu valoare deosebită precum:

- acidul tartric și tartrații: au o largă întrebuintare în industrii precum cea chimică, farmaceutică, textilă, alimentară, etc.;
- alcoolul etilic: rezultă de la distilarea tescovinei și a drojdiilor de vin, iar după rectificare este folosit la alcoolizarea vinurilor;
- uleiuri: rezultă din prelucrarea semințelor înainte de distilarea tescovinei și sunt utilizate în alimentație și în industria cosmetică;
- taninul: se obține din șroturi și este folosit ca furaj pentru animale; din soiurile roșii se extrag substanțe colorante și care se folosesc în industria alimentară ca și colorant natural;
- făina furajeră: se obține din tescovină, după îndepărtarea semințelor și a alcoolului, fiind utilizată în hrana animalelor;

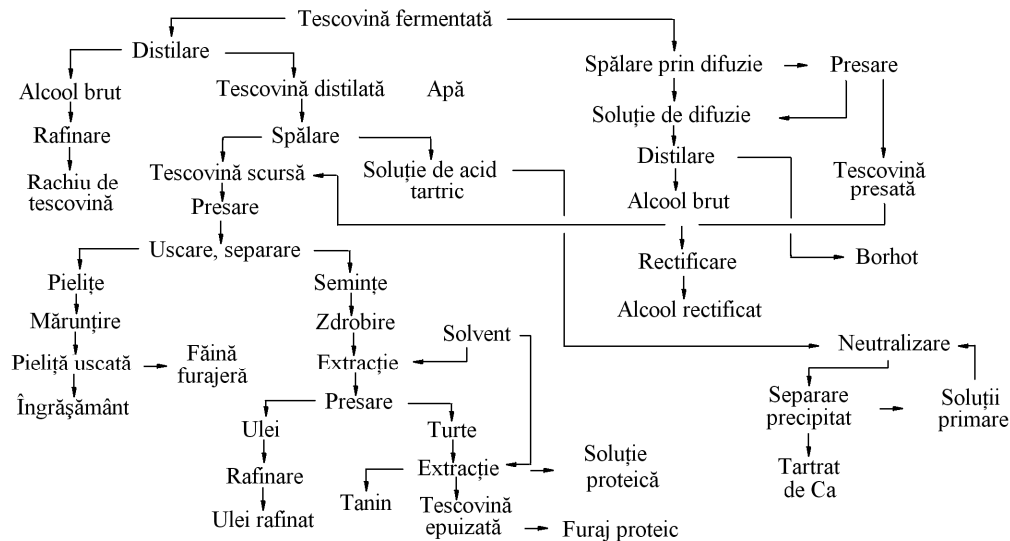


Fig. 7.14. Schema tehnologică de prelucrare complexă a tescovinei nefermentate

În principal se prelucurează tescovina care, în funcție de proveniență poate fi nefermentată (de la soiurile albe și aromate) și fermentată (de la soiurile roșii). Datorită caracteristicilor diferite, s-au stabilit două variante tehnologice de prelucrare complexă a tescovinei (fig. 3.14 și 3.15).

VIII. TEHNOLOGIA DE FABRICARE A BERII

Berea este băutura obținută prin fermentarea alcoolică a mustului de malț, însămânțat cu culturi de drojdii și aromatizat cu hamei. Principalele caracteristici ale berii sunt: conținutul în alcool între 1,5-6 %, bioxid de carbon între 0,2-0,5 %, extracte (dextrină, maltoză, substanțe proteice, tanin, săruri minerale, acizi organici) între 4,5-9 %, pH-ul între 4,2-4,4, spumare intensă, gust și miros caracteristic de malț și hamei. În raport cu conținutul în alcool, valoarea energetică a berii este de 282-570 cal/l, fiind cunoscute proprietățile sale fiziologice și terapeutice.

Tehnologia de fabricare a berii cuprinde trei faze principale: fabricarea malțului, obținerea mustului de bere, fermentarea și condiționarea berii.

8.1. Materii prime pentru fabricarea berii

Principalele materii prime folosite în industria berii sunt orzul, apa și hameiul, la acestea adăugându-se cereale nemalțificate și culturi de drojdii selecționate.

Orzul. Pentru fabricarea berii se folosește cu eficiență economică bună orzul de primăvară sau orzoaica (*Hordeum distichum*), caracterizat printr-un conținut redus în substanțe proteice (max. 12 %) și ridicat în amidon (52-66 %). Această structură asigură o desfășurare normală a procesului de malțificare și randamente superioare la procesul de brasaj.

Compoziția chimică medie a orzului apt pentru fabricarea malțului, raportată la substanța uscată, este următoarea: umiditate 14 %, amidon 54 %, hidrați de carbon 12 %, grăsimi 2,5 %, celuloză 5 %, substanțe proteice 10 %, cenușă 2,5 %.

În lipsa orzului de primăvară se poate utiliza orzul de toamnă din speciile *Hordeum tetrastichum* și *Hordeum hexasticum*.

Condițiile de calitate pe care trebuie să le îndeplinească orzul folosit la fabricarea malțului sunt: miros proaspăt caracteristic, culoare cât mai deschisă, corpuri străine între 3-5 %, umiditate sub 14 %, să nu fie contaminat cu paraziți, energia de germinare după trei zile de 89-90 % pentru orz și 95-98 % pentru orzoaică.

Apa. Este una din materiile prime de bază la fabricarea berii. În afara faptului că trebuie să fie potabilă, apa trebuie să aibă un anumit conținut în săruri prin care să nu influențeze procesul tehnologic. Dintre sărurile conținute de apă cele mai importante sunt bicarbonații, sulfații, clorurile, nitrații, nitriții, sulfurile cu cationi de calciu, fier, magneziu, potasiu, etc.

Nu pot fi utilizate la fabricarea berii apele care conțin clor, alcoolii, cantități mici de amoniac, acid azotic, substanțe organice și microorganisme dăunătoare.

Deoarece procesele de fabricare a berii se desfășoară în medii ușor acide, datorate prezenței fosfaților primari și a sărurilor acizilor organici din plămezi și mustul de malț, la folosirea apei se va ține cont de reacțiile pe care le dau sărurile minerale din apă cu fosfații, compușii ce rezultă și efectele asupra desfășurării proceselor biochimice.

Ameliorarea calității apei se face prin mai multe procedee: neutralizare cu acizi, tratare cu sulfat de calciu sau clorură de var, decarbonatare prin fierbere sau cu lapte de var, deferizare, demineralizare cu schimbători de ioni.

Hameiul (*Humulus lupulus*). Pentru fabricarea berii se folosesc conurile de hamei ce conțin o pulbere galbenă numită lupulină și care dezvoltă un miros caracteristic. Prin compușii pe care îi conține în conuri, hameiul influențează în mare măsură gustul, aroma, culoarea, limpezimea și puterea de conservare a berii.

Pentru a putea fi utilizate la fabricarea berii, conurile de hamei trebuie să se încadreze în următorii parametri: conținutul în apă 13-16 %, substanțe tanante 1-8 %, uleiuri eterice 0,2-0,8 %, substanțe amare și rășini 16-21 % din care rășini α (humulon) 7-8 %, rășini β (lupulon) 10-11 % și rășini γ (tari) 1-8 %.

Rășinile α și β , împreună cu uleiurile eterice și acizii amari, formează gustul și aroma specifică berii, contribuie la formarea și persistența spumei, având și o puternică acțiune antiseptică.

Deoarece utilizarea directă a conurilor de hamei prezintă unele dezavantaje, în ultimii ani s-a trecut la obținerea unor produse din hamei precum pudra, pelleți, concentrate de lupulină, extracte de hamei (normale sau izomerizate), preparate mixte, produse de aromă din hamei (emulsii din ulei de hamei, extracte uleioase), adăugate în proporție de 110-340 g/hl de bere, în funcție de sortiment.

Cereale nemaltificate. Se folosesc fie la brasaj, fie pentru ameliorarea extractului sau pentru obținerea unei beri de culoare mai deschisă, cu spumă abundentă și stabilă. Din această grupă fac parte:

- porumbul: se folosește fracțiunea sticloasă (cornoașă) bogată în amidon, sub formă de făină, în proporție de 5-30 % față de cantitatea de malț;

- orezul: sub formă de boabe sau brizură (boabe sfărâmate) se folosește la berea blondă de fermentare inferioară, prin prelucrarea separată a plămezilor de orz și orez, amestecate apoi înainte de 65 °C;

- fulgi de orz, ovăz, grâu și porumb: obținuți din boabe curățite, decojite, opărite sau fierte, sunt utilizați doar la sortimente speciale de bere.

Drojdia de bere. Aparține grupei ascosporigene, fermentează întotdeauna alcoolic și nu asimilează azotați. Din punct de vedere al fermentării se deosebesc:

- drojdia de fermentare superioară sau de suprafață (*Saccharomyces cerevisiae*), care fermentează la temperaturi mai mari de 10 °C;

- drojdia de fermentare inferioară sau de fund (*Saccharomyces carlsbergensis*), cu temperatura de fermentare sub 10 °C.

Drojdia de bere se obține prin multiplicarea culturilor pure în instalații speciale de multiplicare, pe un substrat care să aibă o sursă de carbon, de azot, de substanțe minerale și de factori de creștere.

8.2. Procedee de obținere a malțului

Malțul se obține prin procesul de germinare a boabelor de orz. În timpul germinării în bobul de orz se formează un complex enzimatic în care predomină amilazele necesare zaharificării amidonului, iar prin uscarea malțului se obțin componentele care dau aroma specifică.

Curățirea și sortarea. Orzul conține un procent mai mare sau mai mic de impurități care trebuie eliminate, de regulă înainte de depozitarea în silozuri. Aceasta presupune o curățire propriu-zisă de praf, pământ, nisip, pleavă, semințe de buruieni, fragmente metalice, precum și sortarea orzului pe categorii de calitate, mărimea boabelor influențând timpul de germinare.

Înmuierea orzului are ca scop creșterea umidității boabelor de la umiditatea de păstrare (10-15 %) la minimum 42 %, când se creează în boabe condițiile favorabile pentru germinare (încolțire). Îmbibarea bobului cu apă este un proces relativ lung, ce depinde de mărimea și calitatea bobului, temperatura și compoziția apei, precum și de modul cum este condus procesul de înmuiere.

Apa este absorbită puternic de către proteine, amidon și celuloza din boabe, viteza de absorbție scăzând de la valoarea maximă, ce caracterizează începutul înmuierii și până la zero, când boabele au luat maximum de cantitate de apă.

Cu creșterea temperaturii viteza de înmuiere crește considerabil, dublându-se la 20 °C față de cea la 10 °C. De asemenea, compoziția chimică a apei are o influență semnificativă asupra vitezei de înmuiere, mai ales când în ea se introduc dezinfecțanți (apă de var, hidroxid de sodiu, hipocloriți de sodiu și de calciu, permanganat de potasiu).

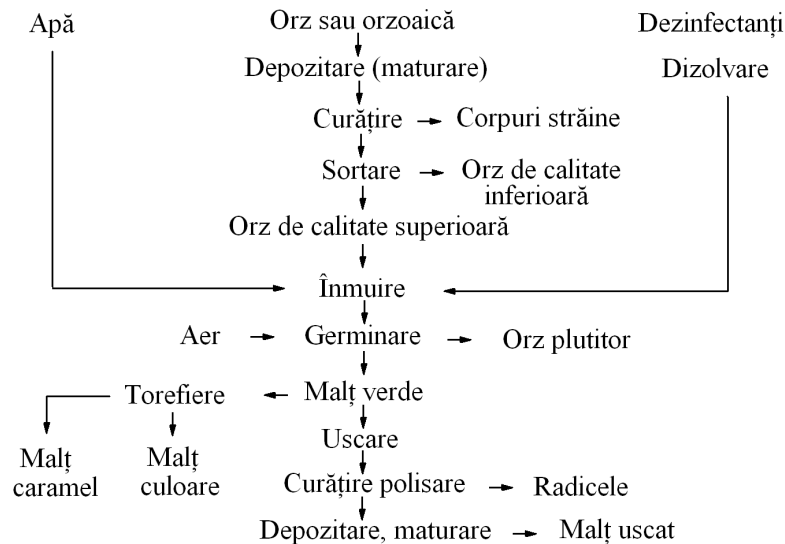


Fig. 8.1. Schema tehnologică de obținere a malțului

Malțul se obține printr-o serie de operații a căror succesiune este prezentată în figura 8.1, în utilaje care în general sunt dispuse ca în figura 8.2.

Aerarea orzului asigură, pe lângă ușurarea respirației semințelor, evitarea îmbibării lor cu apă, oxigenul din aer lucrând indirect prin acțiunea respiratorie rezultând bioxidul de carbon care se elimină din semințe, încetinind pătrunderea apei în interiorul acestora.

În prezent se utilizează mai multe metode de înmuiere a orzului, cele mai cunoscute fiind:

- înmuierea cu apă caldă: boabele sunt îmbibate cu apă la temperaturi de 20-40 °C, cu aerare intensivă;
- înmuierea cu apă fierbinte: apa are temperaturi de 55-60 °C iar metoda se folosește în combinație cu înmuierea cu apă caldă;
- înmuierea cu apă aerată: apa se impregnează cu aer printr-un dispozitiv fixat în conducta de alimentare cu apă.

Germinarea orzului. Este etapa în care are loc dezvoltarea embrionului pe baza substanțelor de rezervă existente în bob, cu formarea noii plantule. Astfel, într-o primă fază se activează enzimele citolitice, amilolitice, proteolitice și fosfatazele, catalizatoare ale reacțiilor de hidroliză. Ca urmare au loc transformări majore atât la nivelul structurii morfologice a bobului, cât și în compoziția chimică a sa.

Prin descompunerea parțială a proteinelor, solubilizarea amidonului și dezintegrarea pereților celulari, bobul devine moale și sfărâmițos, fenomen cunoscut sub denumirea de solubilizare a malțului. La început citazele acționează asupra hemicelulozelor care solubilizează pereții celulari, punând în libertate substanțele de rezervă din celule. Asupra amidonului acționează amilazele: α -amilaza cu acțiune de lichefiere a amidonului până la dextrine și β -amilaza care are acțiune de zaharificare. Maltoza rezultată în urma acțiunii amilazelor va servi drept substrat al proceselor fermentative, determinate de drojdi.

Sub acțiunea enzimelor proteolitice substanțele proteice sunt descompuse în peptone și aminoacizi, necesari dezvoltării drojdiilor și care vor da gust berii, precum și capacitatea de spumare. Lipazele vor acționa asupra lipidelor cu formarea de acizi grași și glicerină, determinând o creștere a acidității.

Procesul de germinare se poate realiza după mai multe metode: germinare pe arii, germinare în instalații pneumatice cu casete, germinare în instalații pneumatice cu tobe, germinare în mediu de bioxid de carbon.

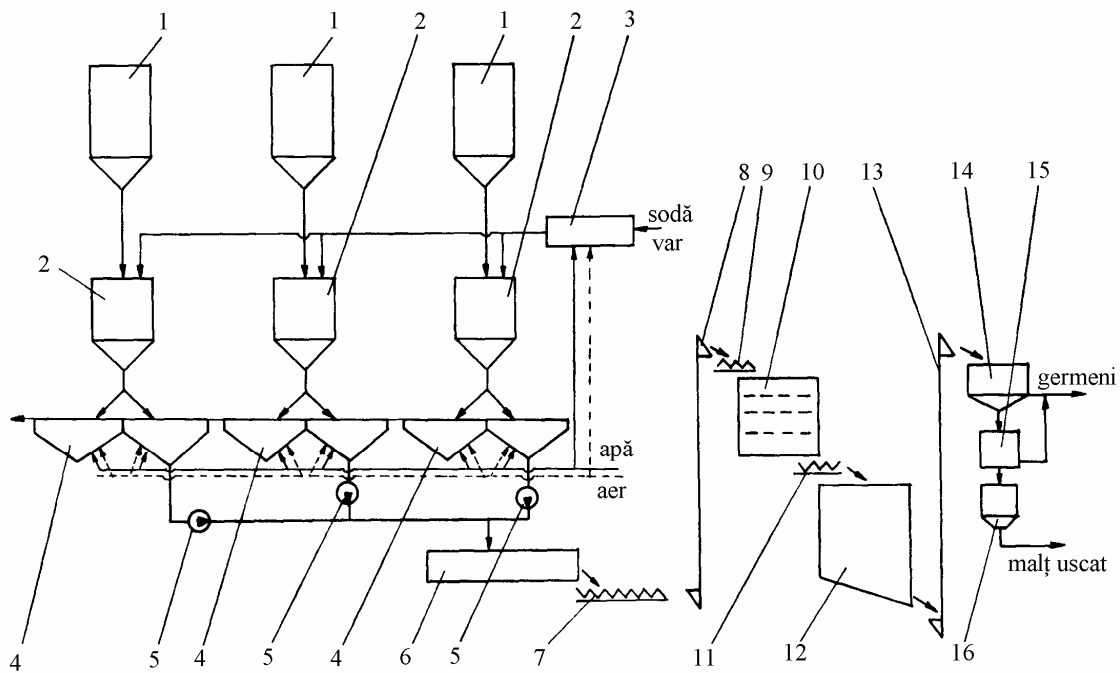


Fig. 8.2. Linia tehnologică generală de obținere a malțului: 1-buncăre; 2-cuve spălare; 3-vas de amestecare a dezinfectanților; 4-cuve de înmuiere; 5-pompe; 6-instalație de germinare; 7,9,11-transportoare; 8,13-elevatoare; 10-uscător; 12-buncăr tampon; 14-predegerminator; 15-degerminator-polisator; 16-cântar automat.

Practic conducerea germinării se face în felul următor: orzul înmuiat este trecut în instalațiile de germinare, proces ce durează 7-9 zile și care se conduce ținând cont de umiditatea boabelor, temperatura masei care germinează și necesarul de aer ce trebuie insuflat în instalațiile de germinare. Conținutul în apă al malțului verde trebuie menținut aproximativ constant pe toată durata germinării la 42-46 %, în raport cu malțul ce urmează a fi obținut:

- în jurul a 42 %, pentru malțuri blonde;
- între 44-46 %, pentru malțuri brune.

Uscarea malțului. Pentru ca malțul verde să poată fi depozitat și conservat, trebuie eliminat excesul de umiditate rămas de la procesul de germinare, operație realizată prin trecerea unui curent de aer cald prin masa de boabe germinate, uscare prin care se oprește procesul de germinare.

Îndepărtarea umidității se realizează în trei trepte de uscare, în timpul procesului având loc transformări specifice malțificării, în urma cărora malțul uscat capătă aroma, culoarea și capacitatea de păstrare și conservare.

Faza de uscare fiziologică sau "uscarea ușoară" realizează scăderea umidității până la 20-30 %, cu aer având temperatura de până la 40 °C. Procesul de creștere a componentelor embrionului continuă și în această fază, scăzând ca intensitate.

Faza de uscare enzimatică asigură diminuarea umidității până la 10-15 %, pe seama creșterii temperaturii aerului de la 40 la 70 °C. Componentele embrionului se ofilesc încetând activitatea vitală, dar datorită temperaturii mari și a apei rămasă încă în boabe, enzimele amilolitice și proteolitice dezvoltate în timpul germinării favorizează procesele de hidroliză, degradând în continuare hidrații de carbon și proteinele până la zaharuri și compuși aminici cu masă moleculară mică.

Faza de uscare chimică reduce umiditatea la 1,5-4 %, prin ridicarea temperaturii aerului peste 70 °C, ajungând până la 105 °C. În această fază se întrerup procesele enzimatice, compuși aminici se combină cu substanțele de degradare a hidraților de carbon rezultând produse coloidale de culoare închisă, cu miros caracteristic, numite melanoidine.

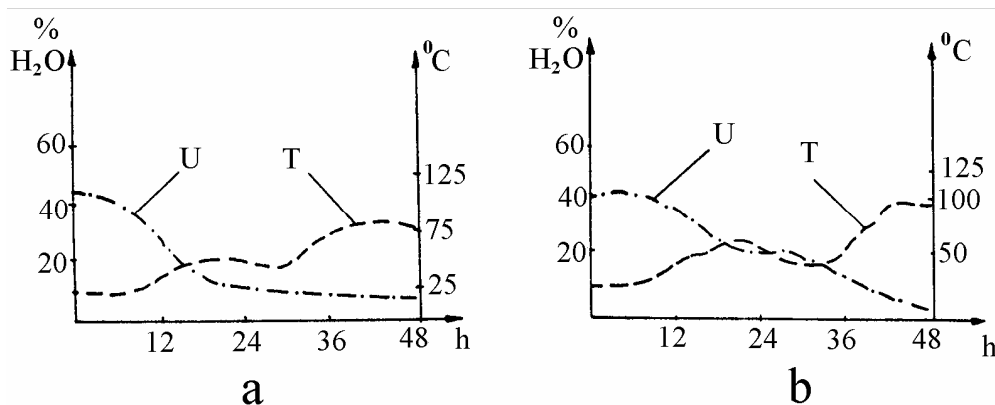


Fig. 8.3. Diagrama de uscare a malțului verde: a-malț blond; b-malț brun.

Uscarea malțurilor verzi depinde de o serie de factori precum viteza de uscare, temperatura și debitul de aer, durata de uscare, modul de încărcare, descărcare și amestecare a orzului în uscătoare. Se deosebesc două tipuri principale de malț uscat, având indicii fizico-chimici din tabelul 4.1. și diagramele de uscare din figura 8.3 :

- malț deschis la culoare sau blond (tip Pilsen), obținut din orz cât mai sărac în proteine, prin uscare la 75-85 °C în curent puternic de aer;

- malț închis la culoare sau brun (tip München), obținut din orz bogat în proteine, prin uscare la temperaturi de 101-105 °C.

Curățirea și polisarea malțului. După uscare malțul trebuie curățat de radicele, prezența lor influențând negativ calitatea berii. Astfel radicele, prin conținutul ridicat în substanțe amare, pot transmite berii un gust neplăcut, iar datorită higroscopicității produc greutate la depozitare.

Tabelul 8.1. Indicii fizico-chimici ai malțului pentru bere

Specificația	Malț blond (tip Pilsen)	Malț brun (tip München)
Umiditate, %	3,5-5,0	3,0-4,5
Extract, în % din S.U.	78,0-80,5	76,0-77,5
Durata de zaharificare, min.	10-15	20-30
Mărimea pH-ului	5,6-6	4-7
Masa hectolitrică, kg	55-58	52-55
Farinozitate, %	90-96	90-95
Cifra Kolbach, %	36-41	28-37
Activitatea milolitică, °WK	220-280	100-200

Întrucât pe învelișul exterior al boabelor rămân o serie de impurități precum praf, rupturi de tegumente, ele se îndepărtează printr-o lustruire sau polisare, după care malțul este depozitat în silozuri unde se lasă cel puțin o lună și jumătate pentru maturare.

În afara celor două tipuri de malț clasice, în tehnologiile actuale de fabricare a berii se folosesc, în proporții diferite, și alte tipuri speciale de malț, cu rolul de a conferi produsului finit gust, aromă și culoare specifică sortimentului, spumare, aciditate. Dintre cele mai cunoscute malțuri speciale se pot menționa:

- **malțul caramel:** se obține din malț verde sau uscat, la care temperatura de uscare ajunge la 160-180 °C, când o parte din zaharuri se caramelizează; este dulce și puternic aromat, scade gradul de fermentare și se folosește în proporție de 15 % față de malțul blond la fabricarea unei beri cu culoare închisă, aromă și gust puternic;

- *malțul de culoare sau torefiat*: se obține din malț verde sau uscat prin încălzire în trepte până la 225 °C; este puternic colorat și amar, fiind folosit în proporție de 1-3 % cu malț blond la fabricarea unei beri brune;
- *malțul melanoidinic*: se obține din orz bogat în proteine și care prin germinare produce o cantitate mare de melanoidine, fiind uscat la 100-110 °C;
- *malțul acid*: se obține din malț înmuiat la 45-48 °C, când la suprafața bobului se formează acid lactic (2-4 %) ca efect al bacteriilor lactice; adăugat la brasaj în proporție de 3-5 % determină scăderea pH-ului și intensificarea activității enzimaticice;
- *malțul ascuțit*: este un malț parțial solubilizat, obținut prin uscarea malțului verde în faza finală de germinare; se folosește în procentaj de 10-15 % pentru corectarea spumării berii sau la compensare atunci când se utilizează malțuri suprasolubilizate;
- *malțul Viena*: se obține din malț uscat la temperaturi ridicate; în proporție de 10-15 % se folosește la fabricarea berii lager (diferența este reprezentată de malțul lager) cu o culoare roșiatică;
- *malțul Stout*: se obține prin prăjire controlată a malțului, fiind folosit la obținerea sortimentelor de bere neagră (bere tare);
- *malțul Munich*: se obține prin uscarea malțului la 105-120 °C fiind folosit la obținerea berii brune, maronii;
- *malț Amber*: se obține prin uscarea progresivă a malțului la 150-160 °C, fără zaharificare;
- *malț Chocolate*: se obține prin prăjirea malțului la temperaturi de peste 160 °C cu formare de pirol și pirazine; are culoare și gust intens fiind folosit atât la fabricarea unor sortimente de bere, cât și la unele băuturi tari și dulci;
- *malț Black*: se obține prin prăjirea atentă a malțului la temperaturi de până la 200 °C; culoarea este mai intensă decât la malțul Chocolate și se folosește la fabricarea berii foarte închise la culoare;
- *malț Roast Barley*: se obține prin prăjirea malțului până la temperaturi de 210-220 °C, cu formarea de pirazine; se folosește la obținerea băuturilor tari, amare, a berii negre sau la colorarea berii tip Pils.

8.3. Obținerea mustului de bere

Mustul de bere se poate obține din malț după schema tehnologică din figura 8.4. Cu sau fără adaos de cereale nemalțificate, pentru obținerea mustului de bere sunt necesare următoarele operații principale: măcinarea malțului, plămădirea pentru obținerea extractului, filtrarea plămăzii, fierberea mustului cu hamei, răcirea și limpezirea mustului de bere.

În funcție de tipul și modul de amplasare a utilajelor, instalațiile pentru producerea mustului de bere sunt: în sistem clasic (se întâlnesc la fabricile de bere vechi), în sistem de tip bloc (principalele utilaje sunt dispuse pe verticală sub formă de monobloc) și în sistemul Hydro-Automatic (fig.4.5), în acest ultim caz procesul de obținere a mustului de bere fiind automatizat.

Măcinarea malțului se face în scopul de a putea trece în soluție majoritatea conținutului enzimatic care, în prezența apei și la anumite temperaturi, poate acționa și accelera reacțiile de hidroliză, în special cele proteolitice și amilolitice. Se va avea în vedere evitarea unei mărunțiri prea mari a cojilor și a boabelor de malț, întrucât acestea servesc ca material filtrant la filtrarea plămăzilor. În funcție de tipul instalației de filtrare se vor realiza anumite granulații ale măcinișului (tabelul 8.2).

Operația de măcinare a malțului se poate executa în două moduri: măcinare uscată și măcinare umedă.

Măcinarea uscată se poate face cu diverse tipuri de mori cu valțuri, cu sau fără umezirea prealabilă a malțului. Măcinișul obținut conține 25-30 % coji, 50-60 % grișuri și 12-20 % făinuri, metoda fiind recomandată pentru malțurile caracterizate printr-o solubilitate ridicată.

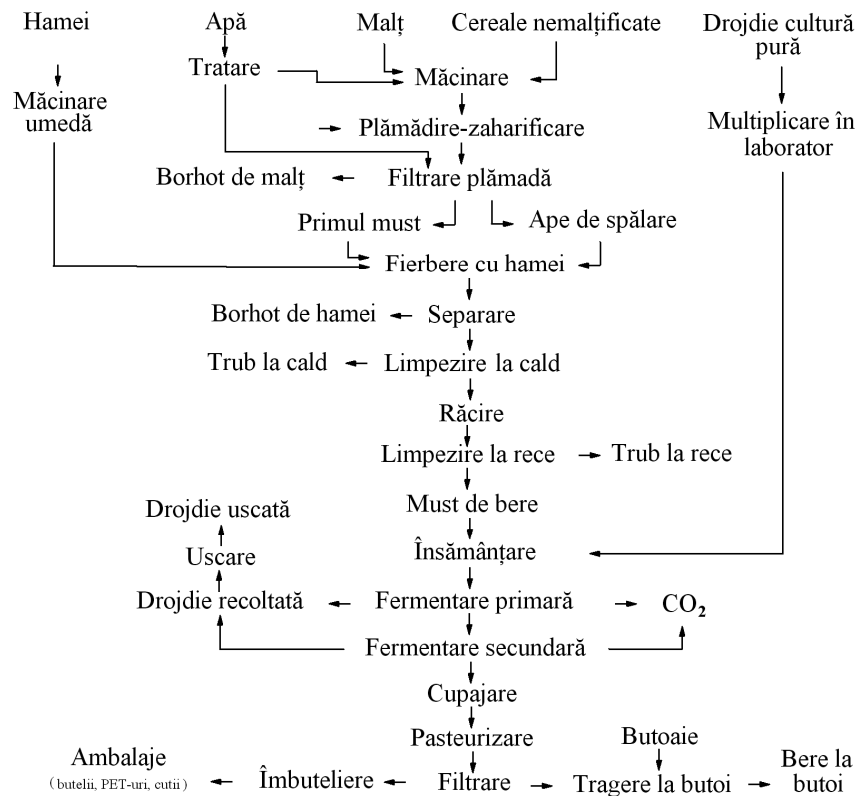


Fig. 8.4. Schema tehnologică de fabricare a berii

Măcinarea umedă a malțului prezintă o serie de avantaje în raport cu măcinarea uscată. Prin înmuierea cu apă a malțului până la o umiditate de 30 % cojile boabelor devin elastice. Ca urmare, după măcinare acestea rămân întregi, iar borhotul format în cazanul de filtrare este mai afânat, fapt ce permite ca filtrarea să decurgă într-un timp scurt. Totodată se reduce considerabil procesul de trecere a polifenolilor în must, cu efecte pozitive asupra calității berii (culoare mai deschisă și gust fin).

Plămădirea și zaharificarea formează un proces complex de hidroliză enzimatică a proteinelor, amidonului și substanțelor grase din amestecul de produse de măcinare cu apă, la diferite temperaturi și acidități ale acesteia, procesul fiind cunoscut și sub denumirea de brasaj.

Degradarea albuminelor în timpul brasajului are loc sub acțiunea enzimelor proteolitice, continuând procesul început la mălțificare, cu formarea de substanțe cu moleculă mare, coloidale, având un rol important în obținerea unui gust plin al berii, spumare persistentă, culoare deschisă și rezistență la păstrare.

Tabelul 8.2. Caracteristicile măcinișului în funcție de tipul filtrului

Numărul sitei	Număr de ochiuri pe cm ²	Frația	Proporția (%)	
			Cazan de filtrare	Filtru presă
1	40	Coji	20-30	9-12
2	62	Grișuri mari I	3-5	2-5
3	206	Grișuri mari II	35-45	14-18
4	961	Grișuri fine I	12-16	38-48
5	2704	Grișuri fine II	4-7	8-12
sită oarbă	-	Făinuri	8-14	12-20

Enzimele proteolitice acționează la 48-50 °C și un pH de 4,3-5,0. Trebuie știut faptul că proteinazele lucrează la 50 °C și pH optim de 4,3, iar peptidazele la 40-45 °C și pH de 7,8-8,6. Ca urmare, malțurile slab dezagregate proteic la germinare trebuie ținute în pauză proteolitică la brasaj, perioade de timp mai mari și la temperaturi reduse, iar malțurile cu grad înalt de solubilizare proteică se supun unei plămădiri de scurtă durată și cu temperaturi mai ridicate.

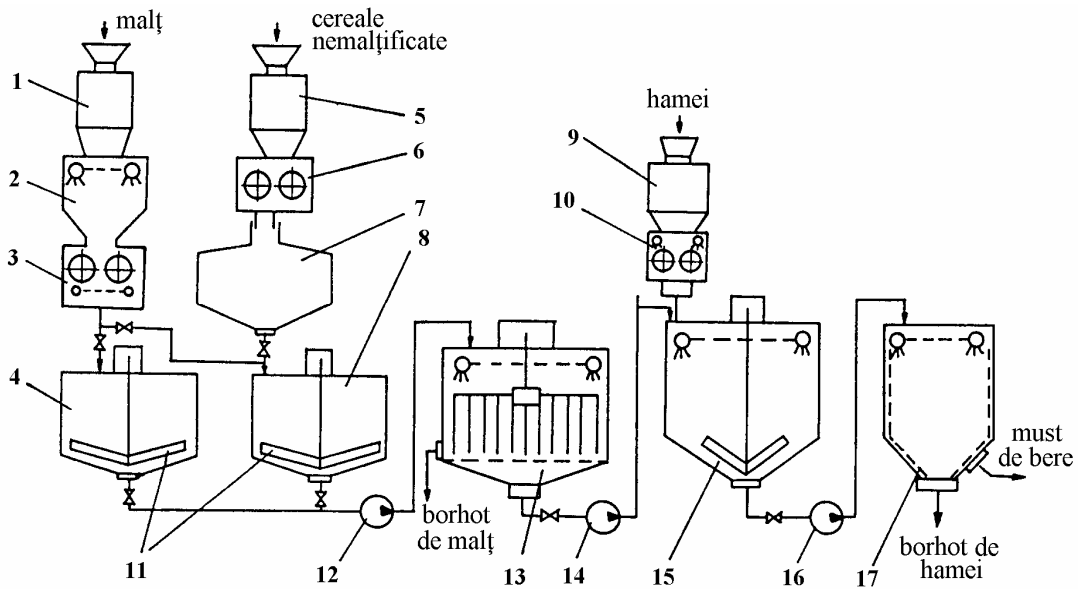


Fig. 8.5. Linia tehnologică de obținere a mustului de bere în sistemul Hydro-Automat: 1,5,9-cântare automate; 2-instalație de umezire a malțului; 3-moară pentru măcinare umedă; 4,8-vase pentru plămădire-zaharificare; 6-moară pentru cereale; 7-vas pentru fierbere cereale nemălțificate; 10-moară pentru măcinat conuri de hamei; 11-agitatoare; 12,14,16-pompe; 13-cazan de filtrare; 15-vas pentru fierbere must cu hamei; 17-separator pentru mustul de bere.

Amilazele, în special α -amilaza și β -amilaza, acționează în timpul procesului de brasaj asupra amidonului, scindându-l în prezența apei în maltoză și dextrină, acțiunea de hidroliză manifestându-se în diverse moduri și anume: lichefierea cleiului de amidon prin transformarea gelului în soluție, cu scăderea vâscozității, dextrinizarea amidonului și zaharificarea amidonului.

Dextrinizarea se realizează prin scindarea moleculei de amidon, obținându-se ca produse de degradare dextrinele și care pot fi: amilodextrine, eritrodextrine, acrodextrine și maltodextrine.

Zaharificarea amidonului se manifestă printr-o fluidizare rapidă a cleiului de amidon și apariția zahărului, respectiv a maltozei. Astfel pe măsura realizării procesului de hidroliză se face trecerea de la dextrine superioare la dextrine inferioare, cu o difuzie în apă din ce în ce mai accentuată, reacții caracteristice procesului de zaharificare și care se realizează la temperatura de 70 °C și un pH de 4,5-5,0. Dacă pH-ul scade sub 4,4 sau crește la 8,1 activitatea amilazelor încetează.

În mustul de malț trebuie asigurat un anumit raport maltoză-dextrină (tabelul 8.3.) raport ce depinde de temperatura de brasaj. Se observă că odată cu creșterea temperaturii, crește cantitatea de dextrină, scăzând cea de maltoză și invers.

Compoziția plămezii are o importanță deosebită la realizarea unei hidrolize enzimatică corespunzătoare. Procesul de zaharificare decurge ușor dacă amidonul este cleificat și foarte greu dacă acesta este crud, negelatinizat. De asemeni amilazele trec în soluție amidonul în proporții mai mari sau mai mici și în funcție de proveniența lui (tabelul 8.4)

Tabelul 8.3. Influența temperaturii de brasaj asupra raportului maltoză-dextrină

Temperatura de brasaj ($^{\circ}\text{C}$)	Maltoză ($^{\circ}\text{C}$)	Dextrină ($^{\circ}\text{C}$)	R = maltoză/dextrină
62,5	78,64	21,85	1/0,17
65,0	70,28	29,72	1/0,42
70,9	62,72	31,20	1/0,46
75,0	59,93	40,07	1/0,67

În timpul procesului de plămădire-zaharificare în afară de hidroliza amilolitică și proteolitică, au loc și alte transformări. Astfel sub acțiunea citazei, hemicelulozele sunt transformate în pentozani, substanțe gumice în procent de 20 % din totalul acestora. Sub acțiunea fitazei, la 48°C și pH-ul între 5,2-5,3, fitina este descompusă în inozită și fosfați anorganici, care contribuie la alcătuirea substanțelor tampon din plămadă. Din lecitină au loc descompuneri până la fosfați organici, acizi nucleinici și glicerofosforici. Datorită acidului fosforic, aminoacizilor și altor acizi organici dezvoltăți în procesul de brasaj, are loc scăderea pH-ului de la 5,8 la 5,3.

Tabelul 8.4. Influența provenienței amidonului asupra procesului de zaharificare

Sursa de amidon	Zaharificare (%) la temperatura de:			
	50°C	55°C	60°C	65°C
Malț uscat	13,07	56,02	91,70	93,62
Malț verde	29,70	58,23	92,13	96,25
Orz	12,13	55,30	92,81	97,24
Orez	6,58	9,68	19,68	31,14
Grâu	-	62,23	91,08	94,58

Cantitatea de extract din mustul primitiv crește cu temperatura și durata procesului de brasaj, la care se adaugă influența gradului de mărunțire al produselor de măcinare.

Realizarea procesului de brasaj se poate face prin mai multe procedee: brasaj prin infuzie, brasaj prin decoctie cu una, două sau trei maișe, brasaj mixt și brasaj specific pentru cereale nemaltificate. În vederea grăbirii procesului, frecvent se procedează la o preplămădire prin amestecarea intimă a măcinișului cu apă în tuburi verticale.

Procedeul de brasaj prin infuzie (fig.8.6.a) realizează creșterea temperaturii plămezii, până la cea de zaharificare, prin adăugarea intermitentă de apă caldă. Pentru început măcinișul de malț se amestecă cu apă, în proporție de 1,3-1,4 l/kg, temperatura plămezii fiind ridicată la $45-50^{\circ}\text{C}$. Aici se face o pauză necesară activării enzimelor proteolitice după care, prin adăugarea de apă caldă, se ridică lent temperatura plămezii la $65-70^{\circ}\text{C}$. După atingerea acestei temperaturi plămada se lasă în repaos între 60-90 minute, timp în care se realizează zaharificarea completă a acesteia. Se ridică temperatura la 75°C și se pompează plămada la instalațiile de filtrare.

Procedeul de brasaj prin decoctie obține ridicarea temperaturii plămezii prin extragerea unei porțiuni din plămadă, cunoscută sub denumirea de maișă, încălzirea în trepte a acesteia până la fierbere, urmată de amestecarea cu masa de plămadă.

Brasajul prin decoctie cu o maișă (fig.8.6.b) prevede amestecarea malțului măcinat cu apă caldă (4 l/kg), menținându-se temperatura plămezii la $50-52^{\circ}\text{C}$. Se lasă un timp pentru sedimentarea părții grosiere care se separă, iar partea subțire, bogată în enzime, se trece în al doilea cazan de plămădire unde se menține la 50°C pentru activarea enzimelor proteolitice.

Porțiunea subțire se încălzește treptat la 63°C , unde se face o pauză de dextrinizare, după care se ridică lent temperatura până la 70°C , cu menținere pentru zaharificare.

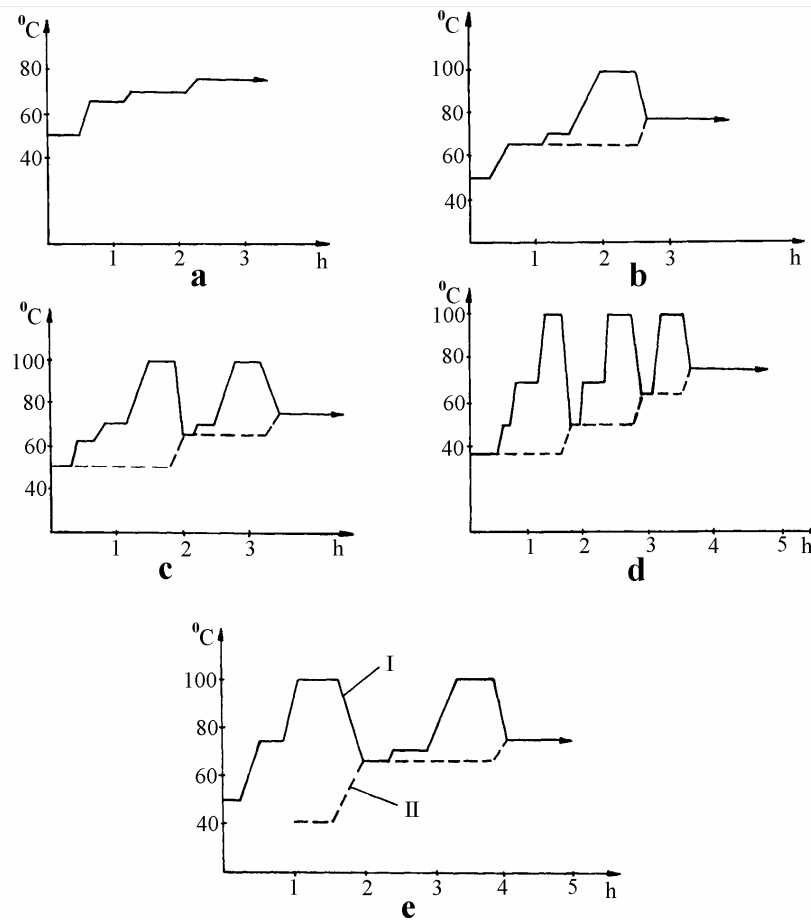


Fig. 8.6. Diagramele temperatură-timp ale procedeele de brasaj: a-*prin infuzie*; b-*prin decoctie cu o maișă*; c-*prin decoctie cu două maișe*; d- *prin decoctie cu trei maișe*; e-*pentru cereale nemălțificate*: I-*plămadă porumb*, II-*plămadă malț*.

Porțiunea groasă se încălzește până la fierbere, se fierbe cca 25 de minute, se răcește la 80 °C și se amestecă treptat cu porțiunea subțire, zaharificată. Prin amestecarea întregii plămezi temperatura se ridică la 75 °C după care este trimisă cu pompa la filtrare.

Brasajul prin decoctie cu două maișe (fig.8.6.c) este destul de răspândit, realizând randamente bune la fierbere și solubilizarea proteinelor. După amestecarea măcinșului cu apă astfel ca plămada să atingă 52 °C, se ia 1/3 din plămada totală și se încălzește lent la 70 °C, se zaharifică cca 20 minute, se încălzește până la 100°C, se fierbe 15 minute după care se amestecă cu cele două treimi, astfel că plămada totală ajunge la temperatura de 65°C. Se ia din nou 1/3 din plămadă care parcurge același traseu termic, prin amestecare obținându-se temperatura finală de 70-72 °C, când se mai face o pauză pentru zaharificare.

Brasajul prin decoctie cu trei maișe (fig.8.6.d) este procedeul cel mai utilizat, în special la obținerea berii de culoare închisă (bere brună, bere Porter). Pentru a obține produse corespunzătoare, la acest procedeu se folosesc doar malțuri de bună calitate, cu solubilizare ridicată. Se extrag trei porții de plămadă care se fierb, se returnează și se omogenizează cu masa de plămadă astfel încât să se asigure palierele de temperatură optime pentru activitatea enzimelor și pentru zaharificare.

Brasajul mixt este caracteristic unor sortimente specifice de bere și utilizează adaos de grâu. Procedeul constă în fierberea măcinșului de grâu, iar după răcire i se adaugă extract de malț pentru zaharificare. Totodată într-un alt cazan se pregătește o plămadă după metoda de brasaj prin decoctie din care, prin filtrare, se obține mustul primitiv. Peste borhotul de malț se adaugă plămada de grâu și se continuă filtrarea.

Brasajul specific la folosirea cerealelor nemălțificate (fig.8.6.e). Ca înlocuitor al malțului se utilizează făina de porumb, provenită din părțile cornoase ale boabelor. Mălaiul este supus unei fierberi intense, operație prin care se sparg granulele de amidon, rezultând o plămadă amidonoasă cleificată care este pompată peste plămada de malț, pregătită la 50-52 °C, după care se aplică procedeul de brasaj ales.

O altă metodă se referă la prelucrarea separată a plămezilor de cereale nemălțificate, cu adaos de lapte de slad (malț verde zdrobit și transformat în lapte cu apă la 40 °C) și amestecarea lor cu plămada de malț. Dacă se prelucrează brizură de orez, trebuie respectată temperatura de cleificare care este cu 10 ° mai mare decât la porumb, iar temperatura de zaharificare a plămezii este de 82-92 °C.

Filtrarea plămezilor. Operația de filtrare a plămezilor zaharificate se face în scopul separării părților insolubile din must denumite borhot și se realizează în două etape: în prima etapă are loc separarea mustului cu fracțiile solubilizate prin scurgere liberă, obținându-se mustul primar, iar în a doua etapă se spală borhotul cu apă caldă până la epuizarea lui în extract (ultimele ape de spălare trebuie să aibă minim 0,5 % extract).

Filtrarea se poate face cu cazane de filtrare sau cu filtru-presă de plămadă (fig.8.7). Viteza de filtrare depinde de porozitatea și grosime stratului de borhot. La început capacitatea de reținere a particulelor în suspensie este redusă, viteza de filtrare este mare iar mustul rezultat este turbure, motiv pentru care acesta se reintroduce în procesul de filtrare. Pe măsură ce stratul de borhot depus crește, scade viteza de filtrare, mustul fiind din ce în ce mai limpede. În timpul filtrării temperatura plămezii nu trebuie să depășească 80 °C, situație în care se distrug amilazele, iar amidonul nemaifiind zaharificat, trece în must.

Cel mai utilizat procedeu este filtrarea cu ajutorul cazanului de filtrare. La început stratul de borhot depus este subțire, dar pe măsură ce acesta se mărește, crește și capacitatea de filtrare iar mustul scurs este mai limpede. Datorită creșterii presiunii, stratul de borhot se compactează, mărind rezistența la scurgere a mustului, fiind necesar afânarea lui cu ajutorul dispozitivului de afânare.

După scurgerea mustului se trece la spălarea borhotului și epuizarea de extract, cu apă caldă la 75-77 °C, în două sau trei trepte, cu afânarea borhotului după fiecare etapă. Apele de spălare și cu mustul primar sunt pomate către instalațiile de fierbere cu hamei.

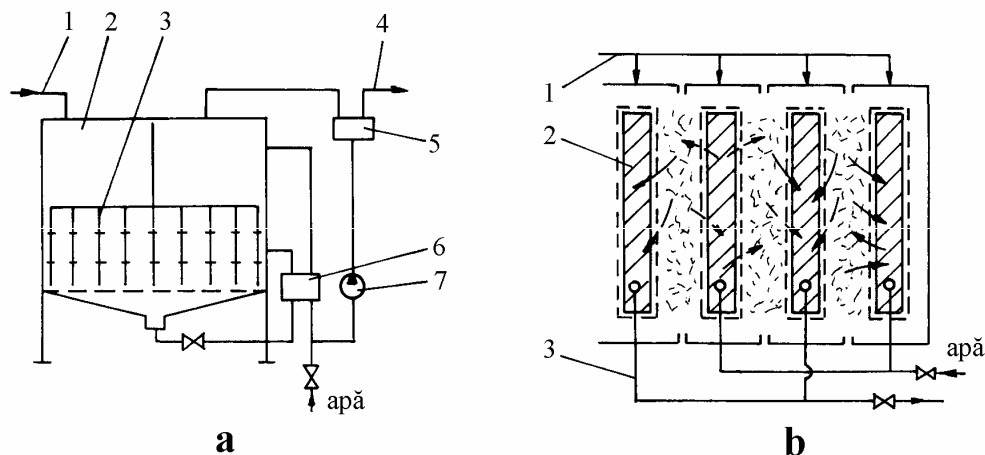


Fig. 8.7. Procedee de filtrare a plămezilor zaharificate: a-cu cazan de filtrare; 1-conductă alimentare plămadă; 2-cazan de filtrare; 3-dispozitiv pentru afânat borhotul; 4-conductă evacuare must și ape de spălare; 5,6-distribuitoare; 7-pompă; b-cu filtru-presă; 1-conductă alimentare plămadă; 2-element filtrant; 3-conductă evacuare must și ape de spălare.

Instalațiile de filtrare de tipul filtru-presă folosesc elemente filtrante de tipul plăcilor din pânză de bumbac sau materiale sintetice. După asamblarea plăcilor filtrante se pompează apă

fierbinte care încălzește filtrul la 80 °C, iar după eliminarea acesteia se pompează plămada zaharificată. Durata de umplere a filtrului cu plămada este egală cu cea de colectare a mustului primitiv. Spălarea borhotului se face cu apă fierbinte prin introducerea ei din două în două plăci, până îl epuizează în extract.

În industria berii, pe lângă cele două tipuri se mai întâlnesc, în limite restrânse și alte instalații de filtrare.

Instalația Strainmaster este formată dintr-un paralelipiped din oțel inoxidabil cu fundul înclinat spre centru, prevăzut cu elemente de filtrare executate din țevi triunghiulare cu fundul sub formă de sită și vârful în sus. Dispuse în rânduri suprapuse, perpendicular pe lungimea filtrului, acestea sunt legate la o conductă colectoare, cuplată cu o pompă de aspirație cu debit variabil. Prin aspirația părților solide din must de către pompă, pe sitele țevelor se formează stratul filtrant.

Instalația cu filtru rotativ sub vid folosește o bandă din material textil, permeabilă la must, care se înfășoară pe o porțiune a unui tambur în interiorul căruia se crează o depresiune, avantajul principal fiind acela că poate lucra în flux continuu.

Instalația Pablo se bazează pe principiul limpezirii plămezii prin centrifugare. Astfel plămada zaharificată este trecută de mai multe ori prin site conice centrifuge cu ax orizontal.

Fierberea mustului cu hamei. Operația de fierbere a mustului obținut din filtrarea plămezii cu adaos de hamei urmărește realizarea mai multor obiective.

Solubilizarea și transformarea componentelor hameiului. Prin fierberea conurilor de hamei cu mustul de bere, substanțele amare și uleiurile eterice se dizolvă și conferă mustului o aromă specifică. O parte a acizilor sunt izomerizați, fiind transformați în proporție de 40-60 % în izohumulone.

Gradul de solubilizare a substanțelor utile din conurile de hamei depinde de durata de fierbere, pH-ul mustului și cantitatea de hamei adăugată.

Coagularea și precipitarea proteinelor. Coagularea proteinelor se face în prima parte a fierberii mustului, iar cu cât aceasta este mai completă și stabilitatea berii va fi mai mare. În prezența taninului din hamei solubilizat prin fierbere, proteinele precipită în compuși insolubili care formează trubul. Dacă temperatura de precipitare este mai mare de 60 °C poartă denumirea de trub la cald și este format de regulă din particule grosiere, iar dacă temperatura de precipitare este mai mică de 60 °C se numește trub la rece, fiind alcătuit din particule fine.

Distrușterea enzimelor și a microorganismelor vegetative. Prin fierbere se inactivează restul de enzime pe care îl conține mustul, acesta suferind și o sterilizare termică. Se împiedică astfel posibilitatea ca mustul să intre în fermentare liberă. Totodată are loc scăderea pH-ului mustului de la 5,8 la începutul fierberii, până la 5,2-5,5 la sfârșitul acesteia.

Concentrarea mustului. Mustul obținut prin amestecarea mustului primar cu apele de spălare are o concentrație zaharometrică scăzută, fiind necesar eliminarea unei părți din apă. Durata de fierbere și concentrația la sfârșitul fierberii depind de tipul de bere ce urmează a fi obținut.

Colorarea mustului. Ca urmare a faptului că în must există zaharuri și aminoacizi, la temperaturi ridicate acestea se combină formând melanoidinele, compuși care dau culoarea specifică mustului fiert cu hamei. Intensitatea culorii crește cu durata și intensitatea fierberii și culoarea malțului folosit.

Formarea reductonilor. Reductonii sunt substanțe reducătoare ce se formează în timpul fierberii mustului și care pot fixa o cantitate mai mare sau mai mică de oxigen. Prin acțiunea lor reducătoare influențează stabilitatea coloidală, aceasta crescând cu conținutul în reductoni al mustului.

Cantitatea de hamei introdusă în procesul de fierbere depinde de: tipul de bere, calitatea hameiului, natura malțului, modul de fierbere, calitatea apei și modul de fermentare. Printr-o fierbere de scurtă durată se obține un must slab aromat și fin, indiferent de cantitatea de hamei adăugată. Dacă fierberea este îndelungată, hameiul se poate adăuga în porții mici, rezultând un must cu aromă pronunțată de hamei.

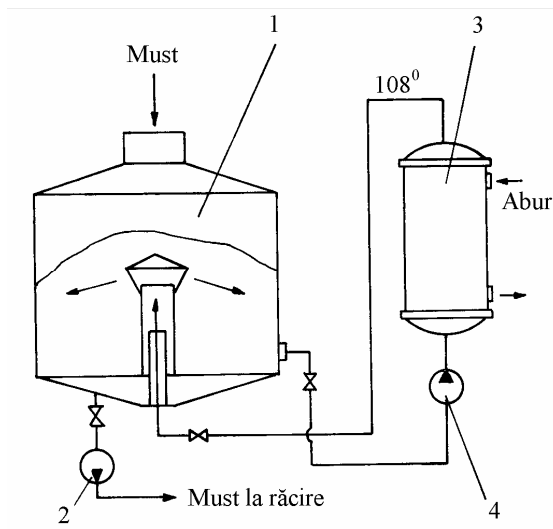


Fig. 8.8. Instalația de fierbere a mustului cu încălzire exterioară și recirculare; 1-cazan de fierbere; 2,4-pompe; 3- schimbător de căldură

Fierberea mustului cu hamei se face în cazane clasice de mare capacitate cu încălzire interioară sau mai nou, în cazane cu încălzire exterioară (fig.8.8). Acestea din urmă asigură o recirculare continuă și încălzirea suplimentară a mustului cu un schimbător de căldură. Fierberea are loc la 110°C cu o ușoară suprapresiune, cu avantajele ce decurg din aceasta.

Asemenea instalații de fierbere scurtează cu 25 % durata de fierbere, nu înglobează aer, obțin musturi deschise la culoare și cu conținut redus de azot coagulabil, filtrabilitate îmbunătățită a berii și stabilitate mai bună la frig.

Întrucât vitezele de reacție chimică și de glutinare, izomerizarea alfa și izo-alfa-acizilor, precum și coagularea proteinelor cresc cu temperatura (durata reacțiilor este de 90 min. la 100°C , scăzând la 3-5 min. la temperaturi de $140-145^{\circ}\text{C}$), s-au realizat instalații pentru fierberea continuă a mustului la temperaturi ridicate (fig.8.9)

Astfel mustul rezultat la plămădire este depozitat într-un vas tampon, unde este amestecat cu hameiul. La temperatura de 75°C și presiunea de 6 atm. mustul este pompat în primul schimbător de căldură unde temperatura este ridicată la 95°C (treapta I). Urmează încălzirea la 115°C (treapta II) și în ultimul schimbător de căldură la 140°C (treapta III), unde se face o menținere pentru desfășurarea reacțiilor dorite. Din serpentina de menținere mustul suferă o primă detentă la 120°C și presiunea de o atmosferă, urmată de o a doua detentă la presiunea atmosferică.

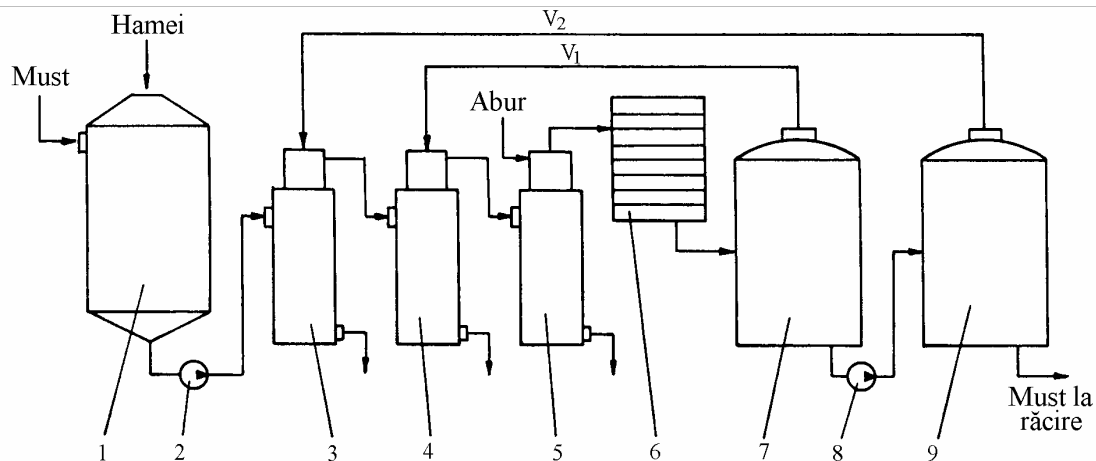


Fig. 8.9. Instalația de fierbere a mustului cu hamei la temperaturi înalte: 1-rezervor tampon; 2,8-pompe; 3-schimbător de căldură treapta I; 4- schimbător de căldură treapta II; 5- schimbător de căldură treapta III; 6-serpentină; 7-vas detentă treapta I; 9-vas detentă treapta II; V_1 -vapori secundari treapta I; V_2 -vapori secundari treapta II.

Vaporii rezultați prin detentă sunt utilizați pentru încălzire în schimbătoarele de căldură, doar în al treilea schimbător de căldură se introduce ca agent abur sub presiune.

După fierberea mustului se face separarea borhotului de hamei, operație ce se execută cu un separator prevăzut cu filtru de tip sită, iar pentru recuperarea extractului reținut de borhot,

acesta se spală cu apă. Pe baza cantității de extract obținut pe kilogramul de malț sau alte materii prime se poate stabili randamentul la fierbere.

Răcirea și limpezirea mustului. După fierberea mustului și separarea borhotului de hamei este necesară răcirea și reținerea trubului, astfel ca temperatura mustului să fie adusă la valorile la care se face însămânțarea cu culturi de drojdii.

Proces complex, desfășurat în prezența aerului, determină transformări chimice ca urmare a oxidării maltozei, glucozei, levulozei, substanțelor proteice, etc. Ca efect al oxidării mustul se închide la culoare iar berea va căpăta un gust specific. Răcirea în contact cu aerul favorizează infectarea mustului cu microorganisme, de aceea trebuie luate măsuri privind purificarea aerului și reducerea gradului de contaminare.

Răcirea mustului se face de obicei în două etape: o prerăcire de la 100 °C la 65 °C și o răcire profundă de la 65 °C până la temperatura de însămânțare cu drojdii (6-7 °C la fermentarea inferioară și 12-18 °C la fermentarea superioară). Trubul este precipitatul care se formează prin coagularea, sub acțiunea căldurii, polifenolilor din hamei și oxigenului, a fracțiilor proteice macromoleculare.

Trubul la cald se formează în perioada de fierbere a mustului cu hamei și se separă în etapa de prerăcire. Este format din particule mai grosiere (dimensiuni cuprinse între 30-80 μm) și se îndepărtează din must prin sedimentare, centrifugare sau în cicloane de depunere.

Trubul la rece se formează pe durata răcirii profunde, după ce a fost separat trubul la cald. Este alcătuit din particule fine iar separarea lui se face în procent de maxim 80-85 %, prin sedimentare, centrifugare, flotație sau filtrare cu kieselgur.

8.4. Fermentarea și condiționarea berii

Prin fermentarea mustului de bere se urmărește transformarea zaharurilor fermentabile în alcool și bioxid de carbon, sub acțiunea culturilor pure de drojdii. Procesul de fermentare se desfășoară în două etape: fermentarea primară sau principală și fermentarea secundară sau maturarea.

Fermentarea primară a mustului de bere consumă cca 2/3 din zaharurile fermentabile ale extractului, obținându-se în final așa zisa bere tânără.

Mustul răcit la 6-7 °C se introduce în vasele de fermentare unde are loc însămânțarea cu suspensia de drojdie, obținută în stațiile pentru culturi pure de drojdii. Se face o barbotare cu aer purificat atât pentru dispersia și omogenizarea drojdiei, cât și pentru stimularea fermentației, proces ce decurge în mai multe faze.

În prima fază drojdia se înmulțește intens, începe degajarea bioxidului de carbon și se formează la toată suprafața lichidului o spumă albă, cu mici cantități de rășini de hamei și substanțe albuminoide precipitate.

Faza a doua de fermentare durează 2-3 zile și se caracterizează prin creșterea degajării de CO₂, cu formarea la suprafața lichidului a unei spume groase și scăderea conținutului în extract cu 0,5-1,0 % pe zi.

Faza a treia, denumită și faza creștelor înalte, durează 3-4 zile și se caracterizează printr-o fermentare intensă, îndepărtarea tot mai puternică a rășinilor de hamei și scăderea conținutului de extract.

Ultima fază de fermentare durează două zile fiind caracterizată prin scăderea treptată a spumei și limpezirea berii. Drojdia se depune sub formă compactă pe fundul vaselor de fermentare în trei straturi:

- un strat superior de culoare brună, compus din rășini de hamei, proteine precipitate și celule de drojdie;
- un strat mijlociu de culoare deschisă, compus din celule de drojdie sănătoase;
- un strat inferior format din trub și celule moarte de drojdie.

Berea tânără obținută de la fermentarea primară este caracterizată prin gust și aromă neplăcută, datorită unor produse secundare rezultate la fermentare, este tulbure prin prezența particulelor aflate în suspensie și cu un conținut insuficient în CO_2 .

Fermentarea secundară. Continuarea procesului de fermentare primară se realizează în tancuri închise, unde restul de extract fermentescibil este transformat în alcool și CO_2 , în așa fel încât extractul rămas în bere să nu depășească 2,8-3,0 %. În timpul fermentării secundare are loc o saturare a berii în bioxid de carbon, o limpezire și o maturare a ei, definitivându-se caracteristicile specifice berii. Odată cu scăderea temperaturii și barbotării cu CO_2 se provoacă coagularea substanțelor azotoase, a rășinilor de hamei și a taninului care se depun odată cu drojdiile.

Durata fermentării secundare depinde de tipul de bere, concentrația berii în extract, cantitatea de hamei, gradul de fermentare, temperatura și presiunea la care se desfășoară procesul. Această durată poate fi redusă prin agitarea mustului, fermentarea sub presiune sau fermentarea în bioreactoare.

În afara procesului de fermentare, în timpul depozitării în tancuri are loc și procesul de maturare a berii prin care se stabilesc gustul, aroma și buchetul acesteia, influențate calitativ de alcoolii superiori și esterii formați în acest timp.

Către sfârșitul fermentării secundare berea trebuie să se limpezească. Dacă ea este tulbure și nu depune drojdia, avem de a face cu drojzii sălbatice pulverulente sau bacterii. În unele cazuri tulbureala este cauzată de particule nedezagregate, provenite din malțuri slab solubilizate, un brasaj necorespunzător sau separare incompletă a trubului fin.

După terminarea fermentării secundare berea se poate limpezi cu diverse substanțe având ca scop și creșterea rezistenței la tulburări coloidale sau eliminarea gustului neplăcut. Astfel berea poate fi tratată cu: clei de pește în amestec cu agar-agar (cca 6,5-8,0 g/hl), tanin, bentonită (50-250 g/hl), silicagel (50-200 g/hl), cărbune activ (20-50 g/hl), preparate enzimatic (2-4 g/hl), substanțe reducătoare sau poliamide (100 g/hl), etc.

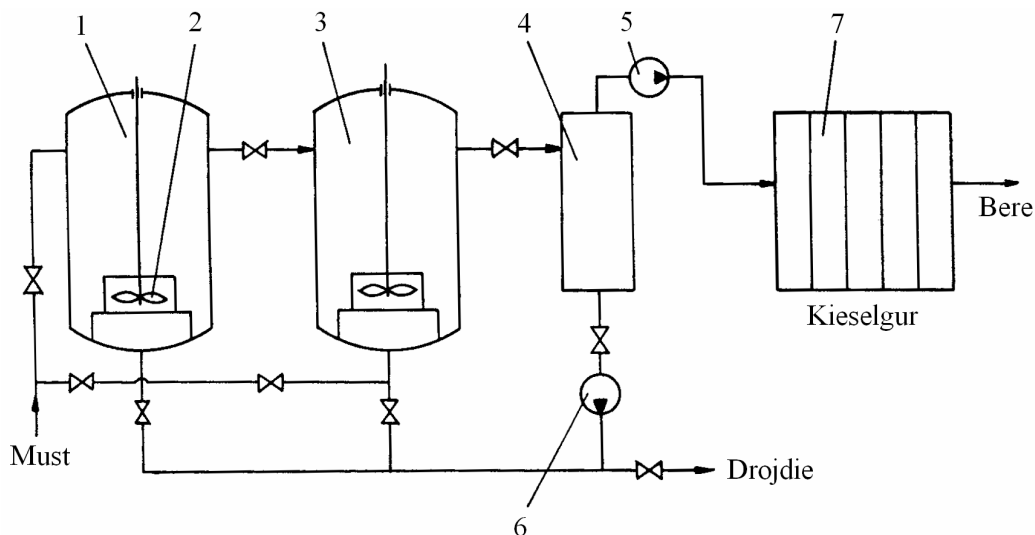


Fig. 8.10. Instalația Coutts de fermentare a mustului de bere: 1,3-tancuri; 2-agitator; 4-decantor de drojdie; 5,6-pompe; 7-filtru

Fermentarea continuă. Pentru îmbunătățirea procesului de fermentare și creșterea productivității, s-au realizat instalații de fermentare continuă a berii, cele care sunt aplicate pe scară industrială fiind prezentate în continuare.

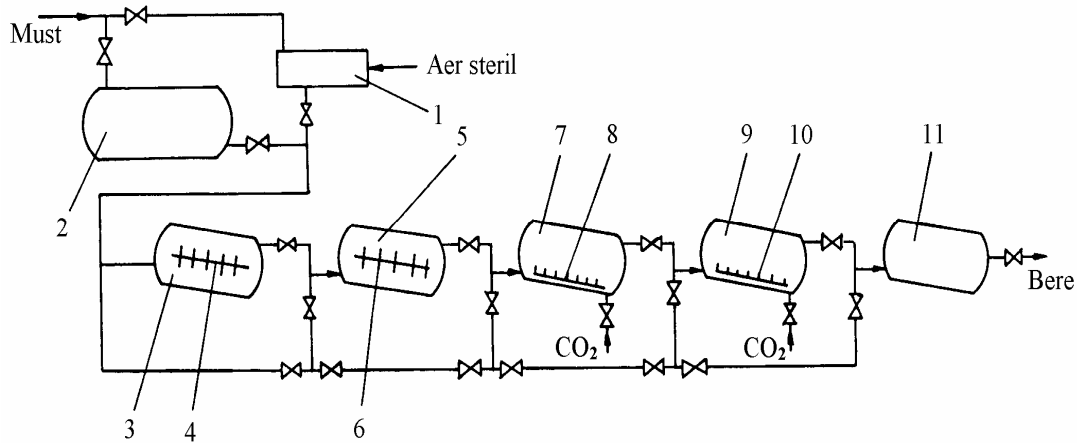


Fig. 8.11. Instalația Deniskov de fermentare continuă a mustului de bere: 1-stație pentru culturi de drojdii; 2-recipient tampon; 3,5,7,9-tancuri de fermentare; 4,6-agitatoare; 8,10-dispozitive de barbotare; 11-tanc de răcire.

Instalația Coutts (fig. 8.10) se caracterizează prin reglarea procesului de fermentare cu ajutorul variației de temperatură, a concentrației de drojdie și a turației agitatoarelor din tancurile de fermentare.

Mustul este adus în primul tanc unde are loc fermentarea, doza de drojdie fiind de cca 10 ori mai mare decât cea folosită în mod curent, după care este trecut în cel de-al doilea tanc unde are loc maturarea. Drojdia se separă cu un decantor, o parte din aceasta fiind recirculată cu ajutorul unei pompe, iar berea se trece printr-un filtru cu kieselgur pentru limpezire fină.

Instalația Deniskov (fig.8.11) este de tipul cascadă. Mustul de bere și drojdia de însămânțare se trec succesiv prin tancuri prevăzute cu agitatoare, unde are loc fermentația. Următoarele tancuri sunt echipate cu dispozitive de barbotare cu bioxid de carbon, realizându-se maturarea berii, care este trecută în final într-un tanc de răcire. Printr-un sistem de conducte, mustul poate fi introdus în amestec cu bere în oricare dintre tancuri.

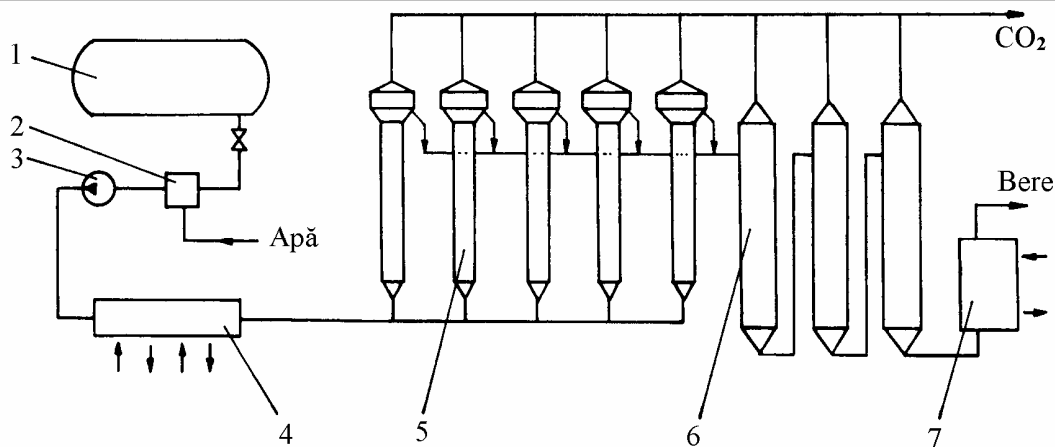


Fig. 8.12. Instalația APV de fermentare continuă a mustului de bere: 1-rezervor tampon; 2-doзатор de concentrație; 3-pompă; 4-pasteurizator; 5-turnuri de fermentare; 6-tancuri pentru maturare; 7-răcitor.

Instalația APV (fig.8.12) se compune din turnuri de fermentare și tancuri de maturare a berii, cu construcție pe verticală. Mustul de bere diluat la concentrația dorită este pasteurizat și apoi dozat concomitent în toate turnurile de fermentare. După fermentare berea este trecută în tancurile de maturare, ajungând în final la o instalație de răcire.

Limpezirea berii. Oricare ar fi metoda de fermentare utilizată, berea rezultată necesită eliminarea substanțelor de turbiditate, prin aceasta îmbunătățindu-se calitățile senzoriale și stabilitatea. Turbiditatea berii este dată de suspensii grosiere (celule de drojii, proteine, rășini de hamei coagulate), substanțe coloidale și substanțe dizolvate molecular, pentru îndepărtarea lor fiind utilizate diverse procedee:

- limpezirea chimică sau enzimatică, folosește agenți chimici care determină precipitarea și depunerea substanțelor care produc turbiditatea;
- limpezirea prin centrifugare, este o limpezire grosieră în urma căreia nu sunt eliminați compușii coloidali;
- limpezirea prin filtrare, este cea mai utilizată metodă, prin aceasta putând fi reținute particulele de orice mărime.

Filtrarea berii realizează reținerea mecanică a particulelor de către porii materialului filtrant, în două variante; trecerea berii printr-o masă filtrantă, compusă din plăci de azbest, bumbac sau kieselgur, respectiv trecerea berii cu materialul filtrant, dozat anterior în produs, prin site metalice, materiale poroase, pânze și cartoane din bumbac, pat aluvionar de kieselgur, acestea având rolul de a reține masa filtrantă cu particulele de turbiditate.

Îmbutelierea berii. După filtrare berea este pompată în tancuri de liniștire, ce servesc și ca vase tampon pentru instalațiile de îmbuteliere. Berea ca produs finit se distribuie în butelii de sticlă, tablă cositorită sau butoaie din aluminiu și oțel inoxidabil, motiv pentru care ambalajele trebuie bine spălate și dezinfectate, astfel ca în contact cu berea să nu determine modificări calitative a acesteia. Indiferent de tipul ambalajului îmbutelierea se realizează izobarometric (presiunea din tanc este egală cu cea din ambalaj).

Pentru a conferi berii o stabilitate biologică cât mai mare, ea poate fi pasteurizată înainte de turnare sau după turnare, odată cu ambalajul. Operația de pasteurizare poate fi efectuată în mai multe moduri:

- pasteurizarea cu abur în camere închise;
- pasteurizarea cu aer încălzit în camere închise;
- pasteurizarea cu dușuri de apă în flux continuu;
- pasteurizarea în băi de apă;
- pasteurizarea prin umplere la cald.

După turnarea berii în ambalaje, au loc o serie de transformări care în unele cazuri pot determina tulburarea berii. O cauză o constituie microorganismele străine care au infectat berea în timpul procesului tehnologic, prin dezvoltarea lor provocând tulburări biologice ale berii. Altă cauză sunt oxidările datorate oxigenului acumulat în diverse operații tehnologice, reacții accentuate prin păstrarea berii la temperaturi ridicate și în prezența radiației solare. Orice modificare a sistemului coloidal duce la formarea unor precipitate care tulbură berea.

Prin urmare, fabricarea berii este un proces tehnologic complex, la care calitatea produsului finit depinde de o multitudine de factori, tendința actuală fiind aceea de a utiliza linii tehnologice cu control automat al parametrilor tehnologici

IX. TEHNOLOGIA DE FABRICARE A AMIDONULUI, DEXTRINEI ȘI GLUCOZEI

Amidonul este cel mai important homoglicid de rezervă din regnul vegetal și constituie o materie primă importantă atât pentru industria alimentară, cât și pentru industria chimică, textilă, farmaceutică, etc. Este un amestec de două polizaharide numite amiloză și amilopectină

Prin degradarea parțială a amidonului se obțin dextrinele, iar prin hidroliză suspensiile de amidon trec în glucoză, ambele tipuri de produse având o largă utilizare la obținerea produselor alimentare.

9.1. Fabricarea amidonului

Materiile prime folosite la fabricarea amidonului sunt în general boabele unor cereale, tuberculi de cartof și chiar unele rădăcini, conținutul în amidon al acestora fiind: orez 70-80 %, porumb 65-75 %, grâu 60-70 %, secară, orz, ovăz 50-60 %, cartofi 17-24 %, manioc 15-21 %.

Pentru obținerea amidonului în țara noastră se utilizează ca materii prime porumbul și cartofii. În porumb amidonul se găsește sub formă de granule închise în celulele din endosperm, iar la cartofi în celulele parechimului amidonos din pulpă (miez). Tehnologia de fabricare a amidonului din porumb și cartofi este prezentată în figura 9.1.

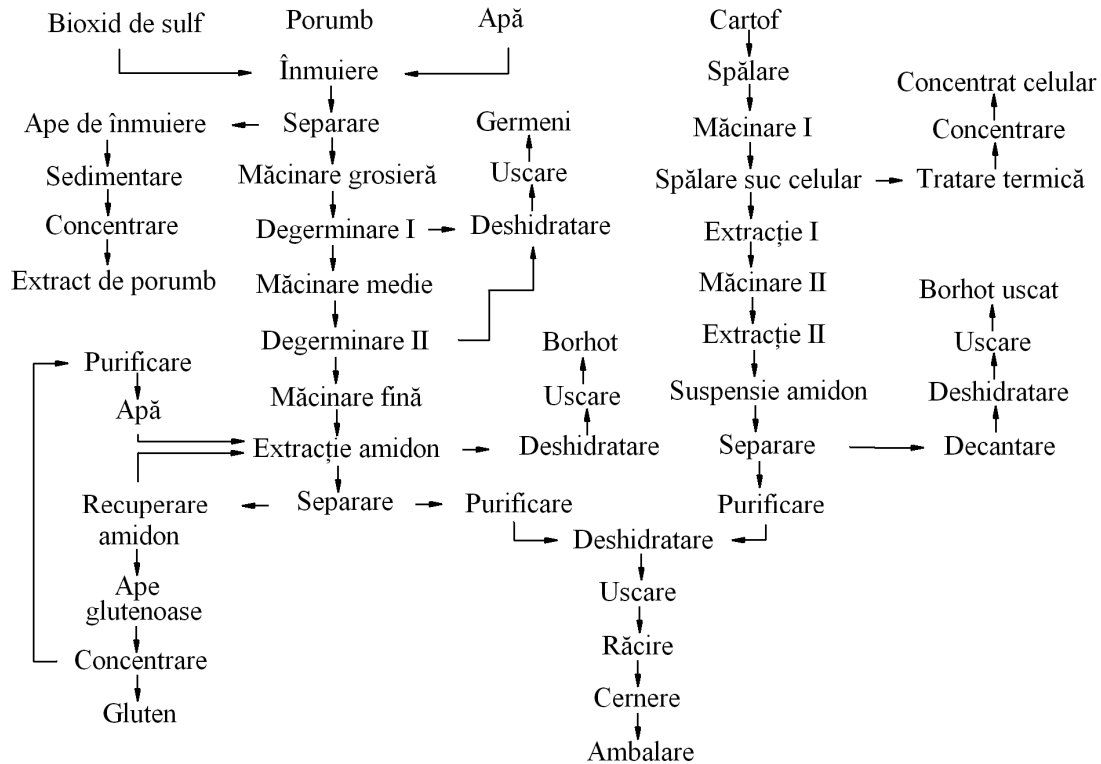


Fig. 9.1. Schema tehnologică de fabricare a amidonului din porumb și cartofi

Fabricarea amidonului din porumb. După operațiile de condiționare porumbul este supus la o înmuiere cu apă și soluție de bioxid de sulf sau acid sulfuros, la temperatura de 48-52 °C. Acest lucru permite distrugerea legăturilor dintre membranele celulozice, endosperm și germene, favorizând punerea în libertate a granulelor de amidon, trecerea prin difuzie în soluția de acid sulfuros a proteinelor și a unor substanțe minerale, solubilizarea proteinelor ce rețin amidonul în celule, precum și inhibarea eventualelor tendințe de fermentare nedorite.

Înmuierea are loc în bazine cu recirculare a apei de înmuiere, durata operației depinzând de soiul și umiditatea porumbului. Apele de înmuiere sunt recuperate și concentrate până la 50 %

S.U. în instalații sub vid, rezultând extractul de porumb utilizat în industria antibioticelor și a cărei compoziție chimică medie este prezentată în tabelul 9.1.

Tabelul 9.1. Compoziția chimică medie a extractului de porumb

Componentul	Proporția
Apa, %	30÷60
Azot total, % S.U.	2,7÷4,5
Azot amoniacal, % S.U.	1÷2
Acid lactic, % S.U.	5÷11,5
Substanțe minerale % (Ca, P, Cu, Fe, Mg, S, Zn, Co)	8÷10
Biotină, mg/100g	150÷200

După înmuiere porumbul este supus unei măcinări umede, ce se desfășoară în trei trepte, grosieră, medie și fină, având rolul de a separa germenii care sunt spălați, deshidratați și uscați, constituind materia primă la obținerea uleiului de porumb.

Extracția amidonului este operația tehnologică principală prin care se separă substanțele celulozice grosiere și fine din suspensia de amidon, prin trecerea materialului rezultat la măcinare fină pe site cu ochiuri mici (au dimensiuni de 1-150 μm). Frația grosieră este reținută, prelucrată prin deshidratare și uscare, rezultând un borhot bogat în celuloză, folosit la furajarea animalelor.

În urma extracției suspensia de amidon conține o importantă cantitate de proteine solubile și insolubile (cca 8 %), fapt pentru care aceasta este supusă unei separări în hidrocicloane sau separatoare centrifugale. Apele glutenoase rezultate conțin cea mai mare parte a proteinelor, iar prin concentrarea lor se obține un gluten furajer sau alimentar (necesită o purificare suplimentară).

Suspensia de amidon rezultată la separare mai conține unele substanțe proteice, pentru îndepărtarea lor fiind necesară o purificare în baterii de hidrocicloane. La aceste instalații în prima fază se separă proteinele insolubile, care sunt trecute la prelucrare odată cu borhotul, iar în faza a doua se face o purificare suplimentară prin spălarea suspensiei cu apă dedurizată în contracurent, produsul final având un conținut în proteine de cca 0,2-0,4 %.

Pentru a obține amidon uscat, suspensia este supusă deshidratării până la 60 % S.U. urmată de uscare la 85 % S.U., la temperaturi moderate de maxim 60 °C.

Fabricarea amidonului din cartofi. Înainte de procesare, cartofii sunt spălați pentru a îndepărta resturile de pământ aderent, după care sunt mărunțiți pe mașini speciale, cu cuțite rotative, în vederea eliberării sucului celular.

Tabelul 9.2. Conținutul în amiloză și amilopectină a amidonului

Amidon din:	Amiloză (%)	Amilopectină (%)	Amidon din:	Amiloză (%)	Amilopectină (%)
Orz cleios	0	100	Orez	24-27	73-76
Porumb ceros	0	100	Ovăz	23-24	76-77
Tapioca	17	83	Cartofi	22	78
Porumb	20-36	64-80	Mazăre	75	25
Grâu	17-27	73-83			

Terciul de cartofi rezultat are o compoziție eterogenă iar prin conținutul de săruri minerale, proteine și substanțe spumante, afectează negativ procesul de prelucrare ulterioară și în final produsul finit.

Din punct de vedere tehnologic operațiile sunt asemănătoare ca la obținerea amidonului din porumb, în acest caz amidonul din cartofi având o concentrație finală de cca 78-80 %.

Ca și elemente constitutive, amidonul este alcătuit din amiloză și amilopectină în proporții diferite și care depind de materia primă din care este obținut (tabelul 9.2.)

9.2. Fabricarea dextrinei și glucozei

Dextrinele sunt glucide rezultate prin prăjirea în mediu acid, prin extrudare sau degradarea amidonului în prezența unor enzime, sub formă de pulberi amorfe.

Glucoza, în stare solidă sau lichidă, se obține în urma prelucrării suspensiei de amidon prin tratarea cu enzime sau hidroliză acidă. În industria alimentară se utilizează diverse sortimente de glucoză și care se diferențiază prin umiditate, starea de agregare, echivalentul în dextroză, etc. Schema tehnologică de producere a dextrinei și glucozei prin procedeul acid și enzimatic este prezentată în figurile 9.2. și 9.3.

Dextrina este obținută din amidon uscat supus operației de prăjire sau tofeiere. Pentru a putea fi prelucrat amidonul se acidifică cu acid clorhidric și care joacă rolul de catalizator în procesul de hidroliză parțială a macromoleculelor de amidon. Uneori pentru acidificare se folosește acid azotic sau amestec de acid azotic cu acid sulfuric. Cantitatea de acid adăugată depinde de tipul de dextrină ce se fabrică și de pH-ul amidonului.

Prăjirea sau tofeierea este operația principală a procesului tehnologic prin care amidonul, acidulat în prealabil, este încălzit treptat și transformat în dextrină, durata de prăjire depinzând de caracteristicile dextrinei ce urmează a se obține (tabelul 5.3).

După prăjire dextrina este răcită la 50-60 °C pentru a preîntâmpina procesul de hidroliză, cu formare de zaharuri și maltoză, dar și pentru a ușura cernerea acesteia.

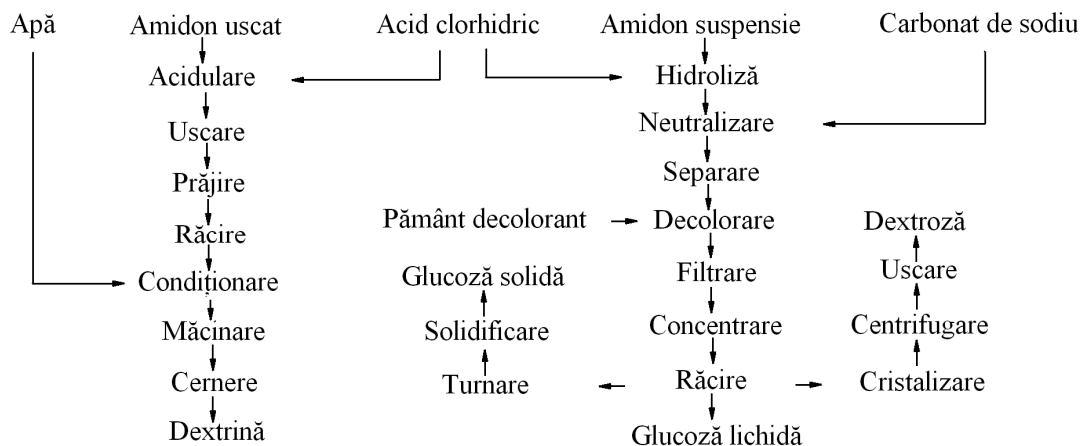


Fig. 9.2. Schema tehnologică de fabricare a dextrinei și glucozei prin procedeul acid

Tabelul 9.3. Durata de prăjire a dextrinelor

Culoarea	Doza de HCl (kg/t)	Durata de prăjire (min)	Temperatura după prăjire (°C)
Albă deschis	1	60	100-120
Galbenă deschis	2	90	120-140
Galbenă normală	3	120	140-160
Galbenă închis	5	180	160-180

Dacă dextrina se obține pe cale enzimatică, atunci materia primă o constituie suspensia de amidon cu 35-45% S.U. Dextrinizarea amidonului se face într-un interval de timp scurt, la cca 80-85 °C în prezența α -amilazei, moment în care se produce hidroliza parțială și fluidificarea acestuia. Prin creșterea temperaturii la 120-130 °C reacția este oprită, iar soluția de dextrină este uscată prin atomizare în aer cald. Procedeul enzimatic permite obținerea unor produse superioare calitativ, instalațiile având o funcționare continuă și fără protecție antiacidă.

Principalele tipuri de dextrine obținute prin degradarea amidonului sunt prezentate în tabelul 5.4 iar caracteristicile în raport cu gradul de polimerizare în tabelul 9.5.

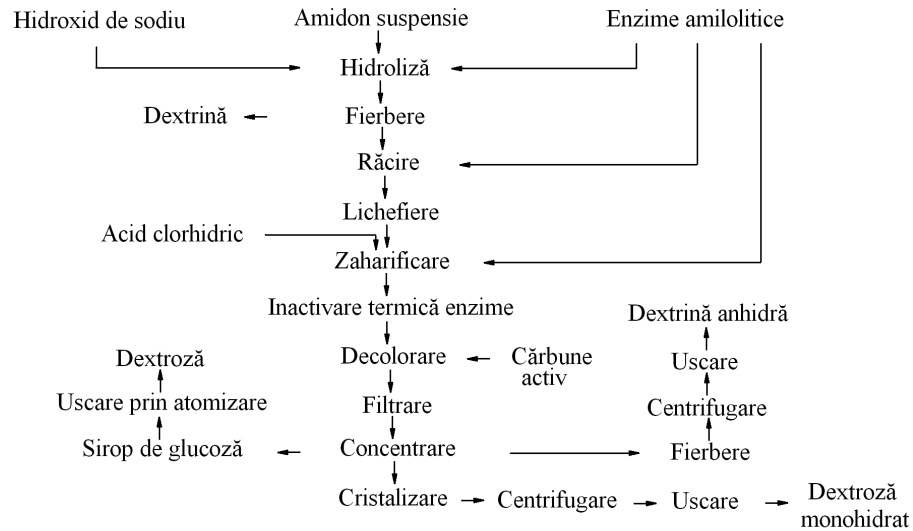


Fig. 9.3. Schema tehnologică de fabricare a dextrinei și glucozei prin procedeul enzimatic

Tabelul 5.4. Tipuri de dextrine

Caracteristica	Tipul		
	A	G ₁	G ₂
Natura dextrinei	numai din cartofi	din cartofi sau porumb	din cartofi sau porumb
Solubilitatea în apă rece raportată la S.U. (%)	30-35	92-95	min. 93
Solubilitatea în apă caldă raportată la S.U. min (%)	94	95	93
Amidon solubil raportat la S.U. (%)	42-60	max. 6	max. 10

La fabricarea glucozei se au în vedere două faze distincte: transformarea amidonului în formă solubilă sau lichefierea și zaharificarea prin scindarea amidonului până la glucoză sau hidroliza acestuia. Cele două faze se pot realiza prin trei procedee tehnologice:

- procedeul acid-acid, la care atât lichefierea cât și hidroliza se face cu acizi minerali;
- procedeul acid-enzimă, la care lichefierea se face cu un acid iar hidroliza cu o enzimă;
- procedeul enzimă-enzimă, la care lichefierea și hidroliza se face cu ajutorul enzimelor.

Utilizarea pe scară largă a glucozei în diverse ramuri industriale a determinat crearea unor sortimente de glucoză:

- siropul de glucoză sau glucoza lichidă, este un amestec de maltoză și dextrină cu o concentrație în substanțe reducătoare de 40 %, raportată la S.U.;
- glucoza solidă, tehnică sau zahărul de cartofi, are un grad avansat de hidroliză și un procent de 90 % substanțe reducătoare, raportat la S.U.;
- dextroză sau glucoză cristalizată, caracterizată prin puritate ridicată de cca 99,5 %.

Tabelul 9.5. Caracteristicile dextrinelor în funcție de gradul de polimerizare

Dextrine în ordinea de descreștere a gradului de polimerizare	$[\alpha]_D^{20}$ (°)	Colorația cu soluție de iod	Puterea reducătoare (maltoza=100)
Amilodextrine	+190.....195	albastru	0,6-2
Eritrodextrine	+194.....196	roșu brun	3-8
Acrodextrine	+192	incolor	10
Maltodextrine	+181....183	incolor	26-43

$[\alpha]_D^{20}$ - rotația specifică

Obținerea glucozei prin procedeul acid-acid este mai răspândit în practica industrială, ca urmare a costului ridicat al enzimelor.

Suspensia de amidon cu cca 40 % S.U. este supusă hidrolizei cu o soluție de acid clorhidric 30 %. Prin depolimerizarea parțială a moleculei de amidon și pătrunderea apei se produce cleificarea, produsul rezultat fiind gelatinos. Pentru reducerea acidității se utilizează o soluție de carbonat de sodiu 11 %, care oferă posibilitatea obținerii unei game largi ale pH-ului. Neutralizarea este necesară întrucât produsul exercită o puternică acțiune corozivă asupra utilajelor, iar la pH-uri scăzute precipită mai ușor proteinele, cu efect benefic asupra calității glucozei.

Întrucât temperatura în procesul de hidroliză ajunge până la 95 °C, siropul de glucoză se răcește după care se supune unei purificări ce constă în tratamente cu materiale adsorbante, decolorante sau schimbători de ioni, prin care se îndepărtează proteinele, substanțele colorante, mirosurile și unii fosfați acizi.

Glucoza obținută prin procedeul enzimă-enzimă realizează hidroliza enzimatică a amidonului în prezența α -amilazei și hidroxidului de calciu, la o temperatură de cca 85 °C. Prin creșterea temperaturii de hidroliză la 130 °C se obține dextrina, iar pentru obținerea glucozei, amidonul dextrinizat este răcit și lichefiat, fază în care se adaugă α -amilază pentru zaharificare.

Desfășurarea în condiții normale a procesului de zaharificare presupune scăderea temperaturii la cca 60 °C, corectarea acidității cu acid clorhidric care inactivează α -amilaza, adăugarea de amiloglucozidază fungică pentru continuarea zaharificării. Pentru inactivarea enzimelor hidrolizatului se tratează termic la 120 °C timp de 15 minute, se răcește și se supune purificării prin filtrare, decolorare, tratare cu schimbători de ioni.

X. TEHNOLOGIA DE FABRICARE A SPIRTULUI

Spirtul este alcoolul etilic obținut pe cale industrială, prin distilarea și rectificarea plămezilor zaharificate și fermentate alcoolice, a cărei concentrație în alcool este de minim 95,5 % vol. În industria alimentară spirtul se utilizează la prepararea unor băuturi alcoolice.

În funcție de ponderea lor, materiile prime folosite la fabricarea spirtilor sunt melasa, porumbul și cartoful, industria spirtilor prelucrând și alte materii capabile să transforme amidonul în zahăr fermentescibil. Principalele operații ale procesului tehnologic de fabricație a spirtilor sunt prezentate în figura 10.1.

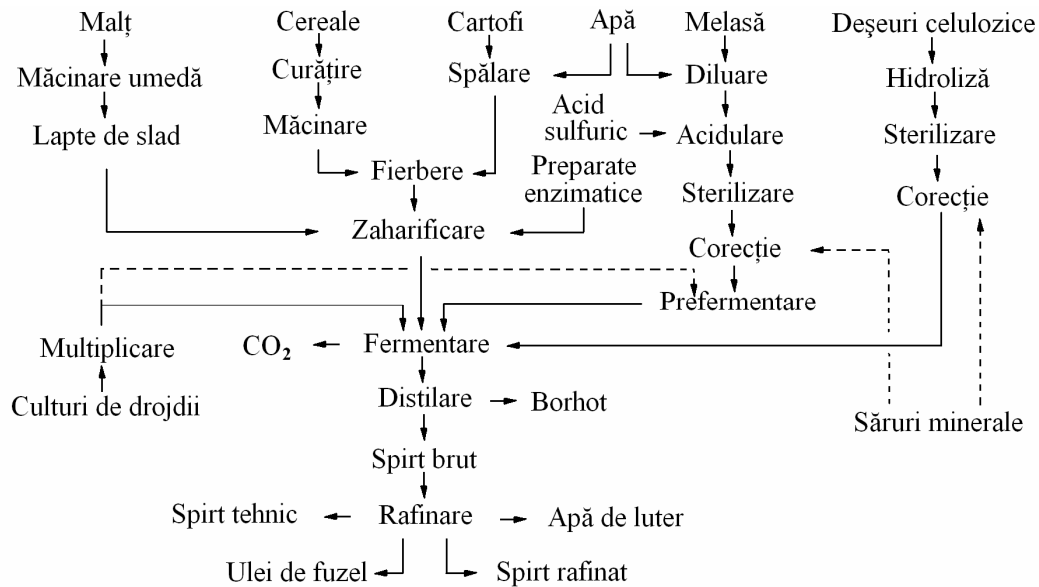


Fig. 10.1. Schema tehnologică de fabricare a spirtilor

10.1. Fabricarea spirtilor din materii prime amidonoase

Tehnologia de fabricare a spirtilor din materii prime amidonoase are ca etape principale obținerea și fermentarea plămezilor, distilarea și rectificarea alcoolului. În figurile 6.2 și 6.3 sunt prezentate liniile tehnologice de fabricare a spirtilor din cereale, respectiv din cartofi.

Materii prime amidonoase. Din această categorie fac parte în principal porumbul și cartofii, la care se mai pot adăuga grâul, secara sau orzul.

Porumbul utilizat la fabricarea spirtilor trebuie să aibă un conținut cât mai ridicat în hidrați de carbon, mai ales amidon, umiditate redusă, boabe moi cu coajă subțire, precum și un conținut cât mai scăzut în substanțe proteice.

Cartofii folosiți la fabricarea spirtilor trebuie să fie bine maturați, cât mai bogați în amidon și săraci în substanțe albuminoide și celuloză.

Cartofii se supun spălării, operație prin care se îndepărtează resturile de pământ și impurități, iar cerealele se curăț prin metode fizice după care se trec la operația de măcinare.

Culturi de drojdii. La fermentarea plămezilor zaharificate din industria spirtilor se folosesc culturi de drojdii selecționate, de fermentație superioară, care trebuie să îndeplinească condițiile:

- capacitatea de a fermenta complet chiar și plămezile insuficient zaharificate;
- fermentarea rapidă a zaharurilor cu formarea unor cantități mari de alcool și bioxid de carbon, prin care să inhibe activitatea microorganismelor dăunătoare;
- capacitate mare de hidroliză a substanțelor proteice și asimilarea aminoacizilor utili proceselor de biosinteză;

- înmulțire rapidă fără aerisire și la 30-35 °C , competitivă cu microorganismele dăunătoare;
- adaptare bună la plămezi bogate în alcool și fermentare fără spumă abundentă.

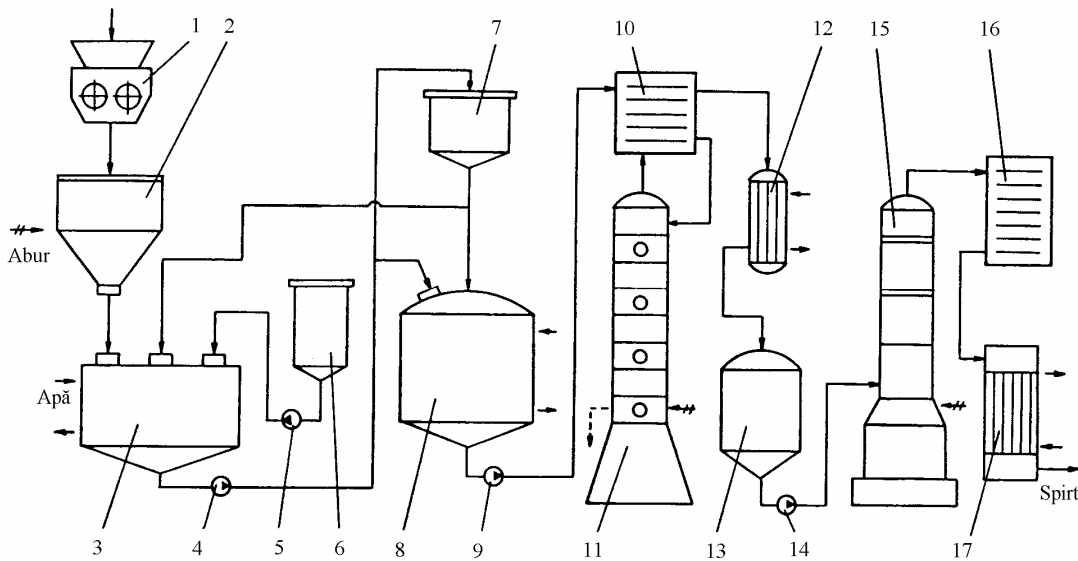


Fig. 10.2. Linia tehnologică de obținere a spiritului din cereale: 1-moară pentru cereale; 2-fierbător; 3-vas de zaharificare; 4,5,9,14-pompe; 6-rezervor cu lapte de slăd; 7-stație pentru culturi drojdie pură; 8-lin de fermentare; 10,16-deflegmatoare; 11-coloană de distilare; 12,14-condensatoare; 13-rezervor pentru spirit brut; 15-coloană de rectificare.

Culturile pure se obțin prin izolarea unor celule de drojdie dintr-o plămadă fermentată și înmulțirea acestora în condiții sterile, prin treceri succesive în volume din ce în ce mai mari de mediu, pe plămadă filtrată și sterilizată.

Apa folosită în industria spiritului, atât la diluarea melasei, a acidului clorhidric, cât și la fierberea măcinăturilor, trebuie să îndeplinească condițiile apei potabile, o clasificare a acesteia, în funcție de pretabilitatea utilizării ei la fabricarea spiritului fiind prezentată în tabelul 10.1. Necesarul de apă este aproximativ la 3-3,5 m³ pentru prelucrarea unei tone de cereale sau melasă.

Fierberea materiilor prime. Fierberea realizează eliberarea amidonului din celulele vegetale care se transformă într-o masă cleioasă, mult mai ușor de atacat de către enzimele amilolitice în procesul de zaharificare. Pentru a obține o dezagregare avansată a materiei prime, fierberea se face în instalații sub presiune și la temperaturi mai mari de 100 °C.

Parametrii de fierbere depind de natura materiei prime: cca. 3 atmosfere la temperatura de 143 °C, la cartof și cca. 3,5-4 atmosfere la 147-151 °C, la porumb. Celelalte cereale se pot introduce în stare crudă la zaharificare, doar după ce au fost măcinate fin. Se va evita suprafierberea materiilor prime întrucât există pericolul formării melanoidinelor și prin aceasta inhibarea dezvoltării drojdiilor.

După terminarea fierberii masa cleioasă este transportată sub presiune și pulverizată în vasul de zaharificare, realizându-se astfel o rupere a membranelor celulare și creșterea gradului de dezagregare.

Zaharificarea este procesul prin care amidonul din masa cleioasă este transformat în zahăr fermentescibil și în maltoză. Produsul fiert ajuns la zaharificare este răcit la temperatura de 50-55 °C, după care amidonul se supune procesului de hidroliză enzimatică. Pentru aceasta se folosesc enzimele din malț (enzimele conținute în laptele de slăd) sau preparate enzimatiche (α și β -amilaza, amiloglucozidaza), în primul caz obținându-se ca produs predominant maltoza, iar în al doilea caz glucoza.

Tabelul 10.1. Clasificarea apei folosită în industria spirtului

Indicatorul	Excelentă	Foarte bună	Potrivită	Satisfăcătoare
Oxigen, mg/l O ₂	0	1,5	2,5	3,0
Materii dizolvate, mg/l	263	453	750	800
Calciu, mg/l	135	143	196	118
Magneziu, mg/l	15	40	51	71
Fier ca Fe ₂ O ₃ , mg/l	2	8	8	10
Sulfați, mg/l	3	35	90	100
Cloruri, mg/l	urme	13	42	88
Nitrați, mg/l	0	urme	80	-
Nitriți, mg/l	0	0	9	-
Amoniu, mg/l	0	0	0	-
Duritate totală, mg/l	10,2	14,2	19	19,4
Număr bacterii, mg/l	60	750	800	46000

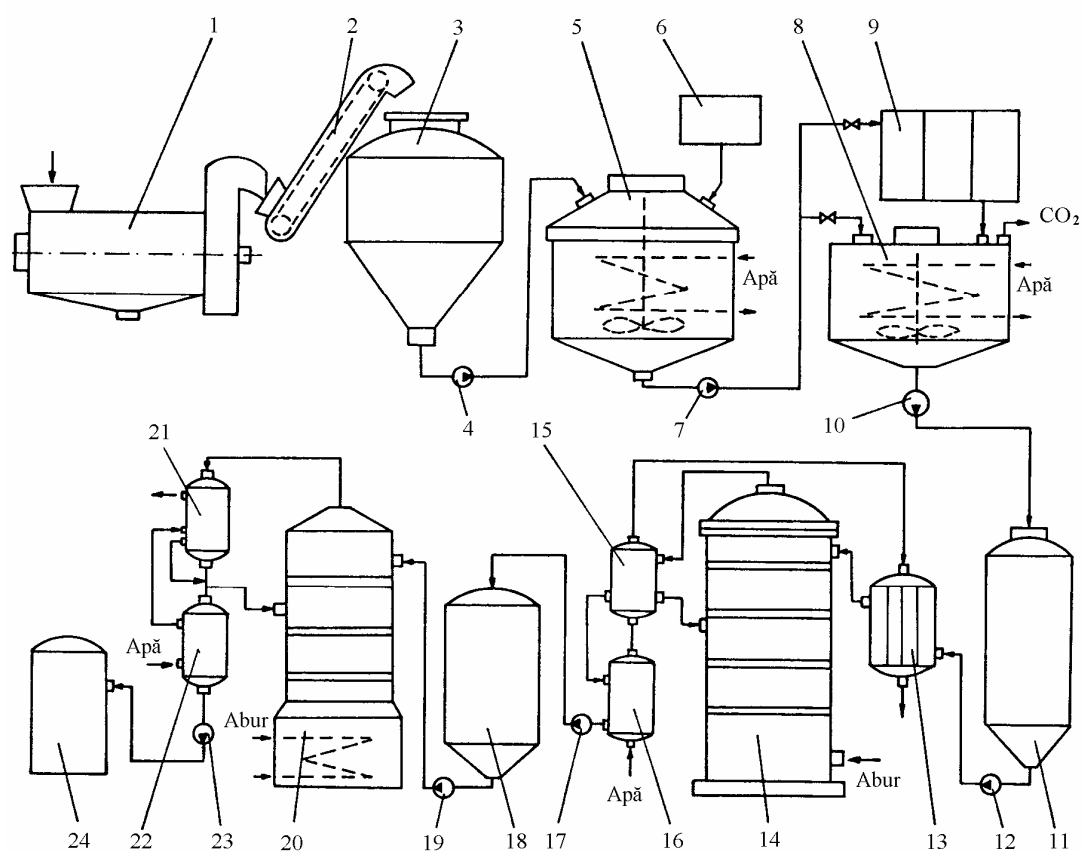


Fig. 10.3. Linia tehnologică de obținere a spirtului din cartofi: 1-mașină de spălat; 2-transportor; 3-fierbător; 4,7,10,12,17,19,23-pompe; 5-vas de zaharificare; 6-rezervor pentru lapte de slăd; 8-lin de fermentare; 9-stație pentru culturi drojdie pură; 11-rezervor plămădă fermentată; 13-preîncălzitor; 14-coloană de distilare; 15,21-deflegmatoare; 16,22-condensatoare; 18-rezervor spirt brut; 20-coloană de rectificare; 24-rezervor spirt rafinat.

Randamentul în spirt depinde de modul în care este condus procesul de zaharificare. Astfel, trebuie asigurată hidroliza cât mai completă a amidonului într-un timp cât mai scurt, dar și inactivarea microorganismelor dăunătoare cu substanțe antiseptice. Unele procedee au la bază zaharificarea plămăzilor sub acțiunea mucegaiurilor, care permit înlocuirea completă a laptelui de slăd, procesul decurgând concomitent cu fermentarea. Pentru aceasta se folosesc drojzii care fermentează la temperaturi înalte (*Saccharomyces anamensis*, *Saccharomyces cerevisiae*).

Se mai folosesc pe scară largă pentru zaharificare și preparate enzimatiche de natură fungică, obținute atât prin procedeul de suprafață, cât și prin procedeul submers, prin însămânțare cu *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus awamori*, etc.

Fermentarea plămezilor amidonoase. Plămezile zaharificate se răcesc la cca 30 °C, temperatură la care se adaugă drojdia, se continuă răcirea până la 18 °C după care sunt trecute la instalațiile de fermentare. Se deosebesc două etape ale procesului de fermentare: fermentarea plămezii de însămânțare și fermentarea plămezii principale.

La fermentarea plămezii pentru cuib se are în vedere fermentarea a $\frac{3}{4}$ din zahărul inițial și obținerea unui grad alcoolic de 7-8 % vol. După maturizare, plămada de drojdie se împarte într-o porție, folosită ca matcă pentru însămânțarea altei plămezi de drojdie, restul fiind utilizată la însămânțarea plămezii principale. Procesul de fermentare propriu-zis decurge în trei faze: fermentarea inițială, fermentarea principală și fermentarea finală.

Fermentarea inițială este caracterizată prin înmulțirea intensă a drojdiilor, cu degajări reduse de CO₂ și creștere lentă a temperaturii. Începerea fermentării are loc la cca 17-18 °C, condiție care favorizează dezvoltarea drojdiilor.

Fermentarea principală este caracterizată prin creșterea temperaturii cu degajare intensă de CO₂ și acumulare de alcool, ca efect al transformării zaharurilor. În această fază temperatura plămezii nu trebuie să depășească 30-32 °C, pentru aceasta linurile de fermentare fiind prevăzute cu sisteme de răcire.

Fermentarea finală se caracterizează prin transformarea ultimelor cantități de zaharuri în alcool și CO₂ și hidroliza dextrinelor cu trecerea în zahăr fermentescibil, temperatura optimă de hidroliză fiind de 25-27,5 °C.

Durata totală a fermentării depinde de natura materiei prime, fiind cuprinsă între 50 de ore la cartofi și 72 de ore la porumb.

Distilarea urmărește separarea alcoolului etilic de restul componentelor plămezii fermentate, care conțin în general 9-10 % vol. alcool.

După construcție și modul de funcționare instalațiile de distilare sunt de două feluri: cu funcționare discontinuă, folosite mai ales la obținerea distilatelor din vin și a rachurilor din fructe, respectiv cu funcționare continuă (fig.10.4), folosite în special la distilarea plămezilor fermentate.

Coloanele de distilare funcționează pe principiul distilării repetate a condensatului, prin aducerea lui la fierbere cu vapori mai fierbinți dintr-un alt amestec. Pentru o plămadă din cereale amidonoase temperatura de fierbere este de 92-95 °C, presiunea de cca 0,11Mpa și temperatura spirtului brut de cca 15-17 °C.

Rafinarea spirtului. Spirtul brut rezultat de la distilare este un amestec complex care, pe lângă alcool și apă, conține acizi organici, alcoolii superiori, aldehide, esteri, și baze volatile, care prezente în proporție de doar 1 % afectează sensibil calitățile organoleptice. Îndepărtarea impurităților necesită o operație de rafinare care se poate face prin metode chimice și fizice.

Rafinarea chimică constă în neutralizarea acizilor volatili și saponificarea esterilor folosind soluție de hidroxid de sodiu 10 %, precum și oxidarea aldehydelor și a altor substanțe reducătoare folosind o soluție de permanganat de potasiu 1 %.

Rafinarea fizică este obligatorie și are la bază separarea componentelor după temperatura de fierbere a acestora, în urma căreia se obțin trei fracțiuni: spirt frunți în care se găsesc fracțiuni mai ușor volatile decât alcoolul etilic, cu punct de fierbere sub 78 °C, alcoolul etilic cu punctul de fierbere de 78,3 °C și spirt cozi care conține compuși mai greu volatili, respectiv cu temperatura de fierbere mai mare de 78 °C.

Instalațiile de rafinare sunt cu funcționare continuă sau discontinuă, în ambele cazuri spirtul obținut trebuie să aibă o tărie alcoolică de 96-97 %. Întrucât amestecul de alcool 97 % și apă 3 % se comportă ca un azeotrop, pentru obținerea alcoolului absolut se folosesc metode precum distilarea în prezența unui corp antrenor (benzolul), care elimină proprietățile azeotropice sau tratarea cu substanțe higroscopice (clorură de calciu, carbonat de potasiu, glicerină).

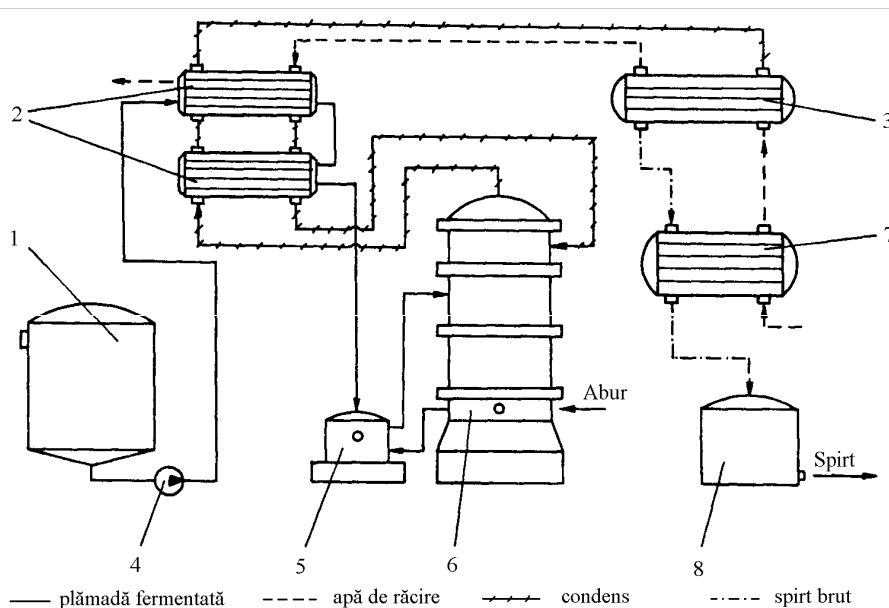


Fig. 10.4. Instalație pentru distilarea continuă a plămezilor fermentate: 1-rezervor cu plămădă fermentată; 2-deflegmator; 3-condensator; 4-pompă; 5-regulator de borhot; 6-coloană de distilare; 7-răcitor; 8-rezervor pentru spirt brut

10.2. Fabricarea spirtului din melasă

Melasa este produsul secundar rezultat de la fabricarea zahărului, ce conține zaharuri care nu mai pot cristaliza, apă și săruri sau nezaharuri, raportul dintre zaharoză și totalitatea substanțelor uscate trebuind să fie de 60-62 %. Compoziția chimică a melasei este prezentată în tabelul 10.2. Datorită sărurilor de potasiu, sodiu și oxidului de calciu provenite din procesul tehnologic, melasa are o reacție alcalină și care împreună cu conținutul mic în substanțe nutritive asimilabile, îngreuează sensibil fermentarea.

Pregătirea melasei ca materie primă exclude operațiile de fierbere și zaharificare, deoarece zaharoza este fermentată direct de către drojzii, în schimb sunt incluse operațiile de diluare și acidulare.

Diluarea melasei se face cu apă la 22-28 °C și agitare continuă, pentru a o aduce la concentrația de zahăr optimă pentru fermentare, gradul de diluție depinzând de caracteristicile melasei și procedeul de lucru (cu plămezi concentrate sau cu plămezi diluate).

Tabelul 10.2. Compoziția chimică a melasei

Componentul	Proveniența melasei	
	Sfeclă de zahăr	Trestie de zahăr
Apă, %	20-25	15-20
Substanță uscată, %	75-80	80-85
Zahăr total, %	44-52	50-55
Zahăr invertit, %	0,1-0,5	20-23
Rafinoză, %	0,6-1,8	-
Azot total, %	1,2-2,4	0,3-0,6
Substanțe minerale, %	7,6-12,3	10-12
PH	6,0-8,6	<7

În funcție de gradul de alcalinitate al melasei se face neutralizarea și acidularea ei cu acid sulfuric concentrat, având rolul de a asigura un pH optim activității drojdiilor, descompunerii nitriților și sulfiților.

Pentru compensarea deficitului de fosfor și azot, în melasă se adaugă săruri minerale precum superfosfatul de calciu în proporție de 0,2 %, sulfatul de amoniu în proporție de 0,1 %, la care se recomandă și magneziu sub formă de clorură de magneziu.

La fermentarea melasei se folosesc culturi de drojdii cu rezistență mare la concentrații ridicate de săruri, procesul decurgând în două faze:

- prefermentarea la temperatura de 30 °C și pH-ul de 4,7;
- fermentarea la temperatura de maxim 31 °C și pH-ul între 5,2-5,4.

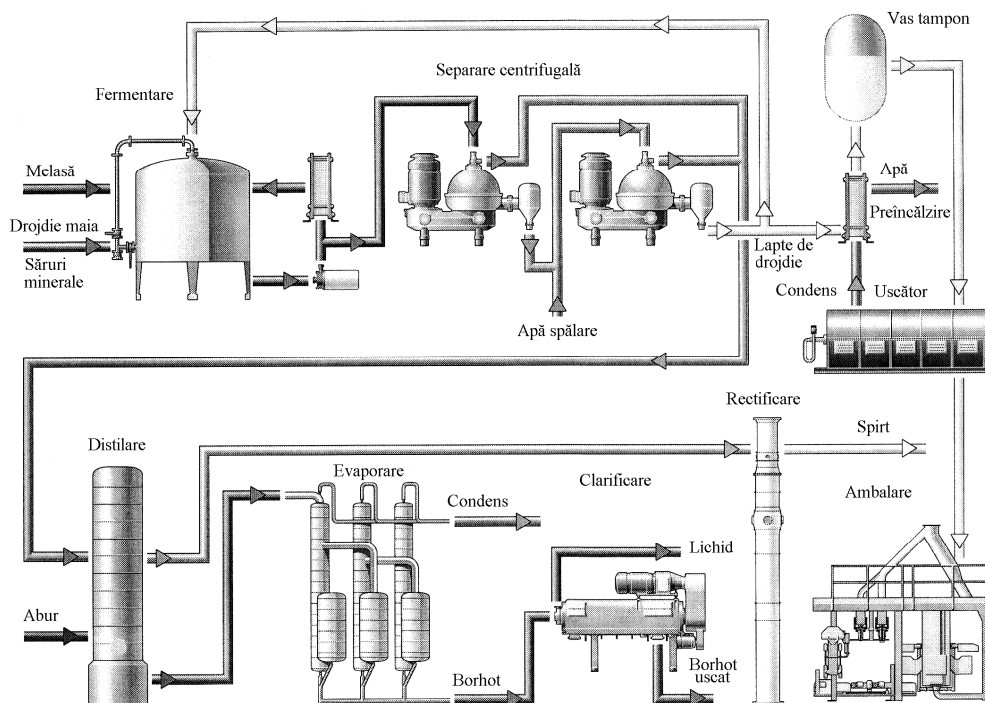


Fig. 10.5. Schema liniei tehnologice de obținere a spiritului din melasă

Temperatura de fermentare a melasei este mai ridicată ca la plămăzile din materii amidonoase (28-31 °C), necesară dezvoltării drojdiilor, în faza inițială recomandându-se și o aerisire intensă. O acțiune prelungită a aerului determină oxidarea alcoolului în aldehyde, mărind pierderile prin antrenarea vaporilor de alcool. La fermentarea melasei pericolul de spumare este mai ridicat și el se combate eficient folosind ulei vegetal sau acizi grași.

Trebuie ținut cont că în procesul de fermentare, alături de drojzii se poate dezvolta o microfloră (bacterii, drojzii sălbatice, mucegaiuri), capabilă să consume zahărul pe care îl transformă în acizi, să consume alcoolul, să inhibe activitatea enzimatică datorită acidității formate sau să producă substanțe cu caracter inhibitor asupra drojdiilor, necesitând măsuri energice de anihilare sau inhibare a lor.

La sfârșitul fermentării plămada de melasă, cu o concentrație alcoolică de 9-9,5 % vol. este trecută la distilare și rectificare

În figura 10.5 este prezentată schema tehnologică de fabricare a spiritului din melasă diluată.

10.3. Fabricarea spiritului din deșeurii celulozice

La fabricarea spiritului mai pot fi folosite leșiile bisulfite rezultate de la fabricarea celulozei (cca 2,5 m³ la 1000 kg celuloză obținută). Substanța uscată este compusă din 85 % substanțe organice și 15 % substanțe minerale, dintre acestea fiind prezente în cantitate mare acidul sulfuric și sulfuros, legat chimic și liber, acidul azotic și formic.

Având 11-14⁰ Bllg, leșiile bisulfite sunt toxice și pentru drojdi, astfel că pentru a fi apte de fermentare sunt supuse unei neutralizări, pentru îndepărtarea excesului de acizi și eliminarea acidului sulfuros liber.

Leșiile bisulfite sunt sărace în potasiu, fosfor sau substanțe azotoase asimilabile, motiv pentru care ele se supun unei corecții cu săruri nutritive, capabile să stimuleze fermentația.

Utilizarea deșeurilor celulozice la fabricarea spiritului este limitată datorită compoziției chimice a materiei prime și a tratamentelor necesare în vederea fermentării alcoolice.

10.4. Produse secundare rezultate la fabricarea spiritului

Ca urmare a cantităților mari de materii prime amidonoase ce se prelucrează în industria spiritului, rezultă ca subproduse dioxidul de carbon, alcoolul tehnic, apa de luter, uleiul de fuzel, borhotul de cereale și melasă.

Borhotul, rezultat în urma distilării plămezilor fermentate, este un material bogat în compuși nefermentascibili ai materiei prime precum: celuloză, proteine, grăsimi, acizi nevolatili, pectine, substanțe minerale. La acestea se mai adaugă eventualele resturi de amidon, maltoză nefermentată, dextrine, celule de drojdi, acid lactic și glicerină, ca și compuși nevolatili rezultați în urma fermentației alcoolice. Compoziția chimică medie a borhotului provenit de la unele cereale și cartofi este prezentată în tabelul 10.3.

Tabelul 10.3. Compoziția chimică medie a borhotului rezultat din industria spiritului (în, % S.U.)

Componentul	Porumb	Grâu	Orz	Orez	Cartofi
Substanță organică	95,3	91,4	97,9	96,5	87,4
Proteină brută	25,5	34,8	31,3	42,4	27,0
Grăsimi brută	11,7	2,2	10,2	3,5	2,7
Celuloză	10,6	3,4	13,7	5,9	8,1
Substanțe extractive neazotoase	47,6	51,0	42,7	44,7	49,9
Substanțe minerale	4,7	8,6	2,1	3,5	12,6

Ca urmare a conținutului ridicat în substanțe azotoase asimilabile, borhotul de cereale și cartofi este folosit, în stare umedă sau uscată, completat cu vitamine sau lactat de amoniu, ca furaj în hrana animalelor și a păsărilor.

Borhotul din cartofi rezultat de la distilare are în compoziția sa un procent ridicat de substanțe nefermentascibile, glicerină, acizi și procente mici de zahăr rezidual, din acest punct de vedere el fiind un furaj mult mai bun decât cel rezultata din plămezile de cereale. Din cauza conținutului ridicat în săruri minerale, folosirea lui ca furaj este limitată, chiar interzisă în anumite cazuri (vacii gestante, porci).

Borhotul de melasă este utilizat cu precădere la fabricarea drojdiei de panificație și a celei furajere, la obținerea glicerinei și a acidului glutamic, ca suport pentru dezvoltarea unor microorganisme producătoare de vitamine (vitamina B₁₂).

Dioxidul de carbon constituie unul din principalele subproduse rezultate în industria spiritului. Din punct de vedere teoretic, prin fermentarea amidonului, dioxidul de carbon degajat reprezintă circa 52-54 % din masa de amidon prelucrat. În funcție de produșii de degradare a amidonului (glucoză, maltoză, dextrine, fructoză, zaharoză), din 100 kg asemenea compuși rezultă între 44 - 49 kg CO₂.

Nu toată cantitatea de dioxid de carbon poate fi recuperată. Procentul depinde de tipul instalației de fermentare și materia primă folosită. Astfel, la fermentarea discontinuă a plămezilor de cereale și cartofi, procentul recuperat ajunge la 70 %, în timp ce la plămezile de melasă la doar 50 %. Procentul de recuperare crește în ambele cazuri dacă fermentarea se realizează în instalații cu funcționare continuă.

Dioxidul de carbon trebuie purificat deoarece el antrenează vapori de alcool, de apă, alte impurități care pot ajunge la 0,5-1,0 % din cantitatea de gaz degajată. După purificare el se îmbuteliază sub presiune, fiind folosit la saturarea băuturilor nealcoolice și alcoolice, a apelor minerale, la asomarea animalelor, la obținerea carbonatului de calciu, respectiv a carbonatului de amoniu (utilizat la furajarea animalelor ca material de adaos).

XI. TEHNOLOGIA DE FABRICARE A ZAHĂRULUI

Zahărul constituie unul din cele mai importante alimente, fiind un produs pe care organismul uman îl asimilează în totalitate, caracterizat și printr-o valoare calorică ridicată.

Procesul tehnologic de fabricare a zahărului este unul complex, format din diverse operații fizice, fizico-chimice și chimice, în urma căruia se asigură condițiile tehnice cele mai favorabile extragerii și cristalizării unei părți cât mai mari a zahărului, pe care îl conține sfecla de zahăr și trestia de zahăr supuse prelucrării.

Pentru sfecla de zahăr principalele etape ale procesului tehnologic sunt: pregătirea sfeclei în vederea extragerii zahărului, extragerea zahărului și obținerea zemii de difuzie, purificarea zemii de difuzie și concentrarea până la obținerea zemii groase, fierberea, cristalizarea și rafinarea, condiționarea și depozitarea zahărului.

În condițiile țării noastre, materia primă folosită la fabricarea zahărului o constituie rădăcinile sfeclei de zahăr din primul an de vegetație, respectiv zahărul brut din trestie.

Compușii chimici ai sfeclei de zahăr au valori ce oscilează în limite largi, în funcție de soi, gradul de maturare, condițiile pedoclimatice, durata de depozitare în silozuri, etc. În general compoziția sfeclei este următoarea: 75 % apă și 25 % substanță uscată din care 17,5 % zahăr și 7,5 % nezahăr. Nezahărul este alcătuit din pulpă 5 % și substanțe nezaharose în suc 2,5 %, acestea din urmă incluzând atât substanțe organice, cât și substanțe anorganice. Principalii componenți ai sfeclei de zahăr sunt prezentați în tabelul 11.1.

Tabelul 11.1. Principalii componenți ai sfeclei de zahăr

Componentul	La 100 g sfeclă (%)	La 100 g S.U. (%)
Substanță uscată	23,6	-
Zaharoză	16,5	69,91
Proteină brută	1,05	4,45
Substanțe grase	0,12	0,51
Extract fără azot (fără zaharoză)	2,92	12,37
Cenușă	0,75	3,18
Celuloză	1,16	4,91

Zaharoza, principalul component al sfeclei și produsul industriei zahărului, este un corp solid care se topește la 186-188 °C, solubilizează ușor în apă, solubilitatea crescând cu temperatura. Ca structură zaharoza este un dizaharid, compus din două monozaharide: d-glucoza și d-fructoza, legate prin grupările lor glicodizice.

Ca materie primă sfecla de zahăr trebuie recoltată la maturitatea tehnologică (când a acumulat maximum de zahăr), decolețarea să fie corect executată, rădăcinile să fie sănătoase, fără vătămări sau rupturi, iar când este prelucrată cu mult după momentul recoltării, să fie însilozată corespunzător.

11.1. Extragerea zahărului din sfeclă, obținerea zemii de difuzie și epuizarea borhotului

Extragerea zahărului din sfeclă se realizează prin difuzie, principalele operații prin care se obține zeama de difuzie fiind prezentate în figura 11.1.

Sfecla, descărcată din mijloacele de transport, este adusă în ciclul de fabricație de obicei prin transport hidraulic, cantitatea de apă necesară fiind de 600-1000 % față de masa de sfeclă.

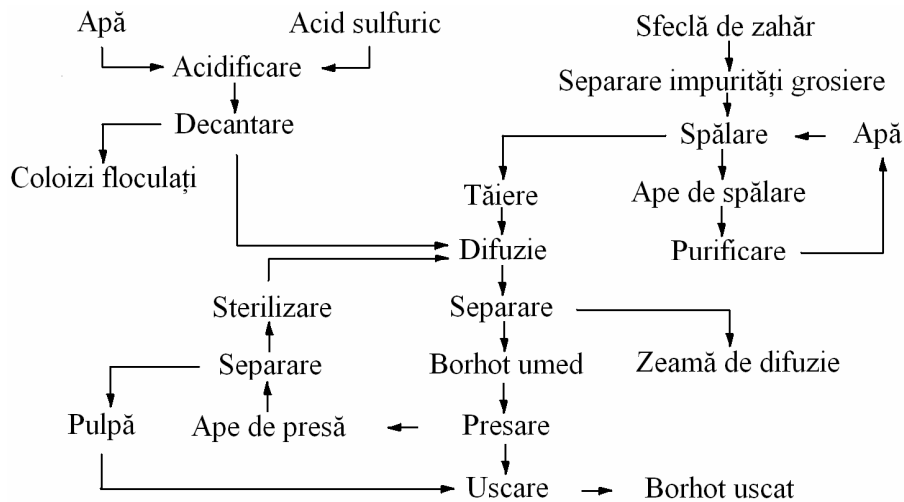


Fig. 11.1. Schema tehnologică de obținere a zemei de difuzie

Separarea impurităților grosiere. Pe canalele de transport ale sfeclii sunt dispuse prinzătoare de pietre și bulgări de pământ, care împiedică accesul lor spre mașinile de tăiat. Pentru curățirea de paie, frunze sau vrejuri, pe canalul colector se montează greble suspendate ale căror vârfuri pătrund sub suprafața apei.

Spălarea sfeclii. Dacă pe canalele de transport s-au separat o parte din impuritățile cu care sfecla intră în procesul de fabricație, prin spălare se urmărește îndepărtarea pământului, nisipului și a altor impurități aderente la suprafața sa. Pentru aceasta se folosesc mașini de spălat orizontale sau cu duze, la care spălarea se face cu apă în contracurent.

După spălare, apa trebuie separată de sfeclă pentru a nu ajunge în tăiței și apoi în procesul de difuzie. De obicei sfecla este trecută pe grătare de scurgere, iar apele de transport și spălare sunt dirijate la stațiile de purificare (decantare și dezinfectare), după care sunt reintroduse la transportul și spălarea sfeclii.

Pentru îndepărtarea impurităților feroase care au trecut de prinzătoarele de pietre și care pot deteriora cuțitele mașinilor de tăiat, sfecla este trecută pe un transportor separator prevăzut cu un electromagnet.

Tăierea sfeclii. Întrucât difuzia zahărului dizolvat în suc celular depinde de suprafața de contact dintre sfeclă și apă, sfecla se taie sub formă de tăiței subțiri în V. Datorită unei relative elasticități și rezistențe la compresiune, tăiței subțiri nu se tasează în instalațiile de difuzie, permițând ca apa de difuzie să treacă printre ei, difuzia zahărului fiind rapidă și completă.

Difuzia. Zahărul se află dizolvat în suc celular, în vacuola din mijlocul celulei. Aceasta este izolată de membrana permeabilă (peretele celulei) printr-o protoplasmă, mărginită de o peliculă semipermeabilă și care împiedică trecerea zahărului prin membrană în mediul înconjurător. Pelicula semipermeabilă poate fi distrusă prin încălzirea celulei la o temperatură mai mare de 70 °C, situație în care suc celular trece în apa de difuzie.

Fenomenul a fost denumit plasmoliză, având un rol determinant în procesul de extracție. Temperatura la care se realizează plasmoliza depinde de calitatea materiei prime și este de 70-82 °C la sfecla normală calitativ, scăzând până la 65 °C pentru sfecla parțial înghețată. Când sfecla este înghețată total, celulele sunt distruse iar suc celular poate părăsi vacuolele și fără plasmoliză, încălzirea fiind necesară doar pentru a accelera difuzia zahărului din tăiței în zeama de difuzie.

Extragerea zahărului din sfeclă este un proces complex definit prin viteza de extracție:

$$\Phi = -\frac{dZ}{Adt} = -\frac{1}{\sigma} \frac{dg}{dt} \quad (11.1)$$

$$\Phi' = -\frac{dNZ}{Adt} = -\frac{1}{\sigma} \frac{dg'}{dt} \quad (11.2)$$

în care Φ și Φ' sunt fluxurile de zahăr, respectiv nezahăr în unitatea de timp;

Z și NZ – cantitățile de zahăr, respectiv nezahăr, în kg;

A – suprafața de contact solid-lichid, în m^2 ;

g, g' – concentrația zahărului și nezahărului în sfeclă, în %;

σ – suprafața de contact pe unitatea de masă de sfeclă, în m^2/kg .

Procesul de extracție a zahărului din sfeclă se realizează în două etape: migrarea zahărului din sfeclă către interfața solid-lichid și transferul de masă de la interfața solid-lichid către masa soluției.

A doua etapă este determinată de natura curgerii lichidului de extracție și de diferența de concentrație. Ca urmare, principiul constructiv și funcțional al difuzoarelor de extracție asigură menținerea unei diferențe de concentrație solid-lichid și reînnoirea repetată a lichidului de extracție la interfața de contact.

Prin urmare extracția zahărului se realizează prin difuzie, osmoză și dializă, după denaturarea termică a celulelor țesutului sfeclei. În procesul de extracție se urmărește epuizarea tăițelilor de sfeclă, de aceea aceștia sunt încălziți rapid pentru denaturarea celulelor, după care începe difuzia propriu-zisă.

Procesul de difuzie este descris de legea lui Fick:

$$\frac{dq_c}{dt} = DF \frac{dc}{ds} \quad (11.3)$$

sau:

$$q_c = DF \frac{c_k - c_s}{s} \quad (11.4)$$

în care $\frac{dq_c}{dt}$ este viteza de difuzie a zahărului;

q_c - cantitatea de zahăr difuzat;

D - coeficientul de difuzie al zahărului;

c_k - conținutul de zahăr din tăiței;

c_s - conținutul de zahăr din lichidul care înconjoară tăiței;

s - drumul minim de difuzie al zahărului (se consideră $\frac{1}{4}$ din grosimea tăițelilor);

F - suprafața tăițelilor.

Pentru coeficientul de difuzie s-a stabilit relația:

$$D = KT/\eta \quad (11.5)$$

în care K este coeficientul care depinde de natura solventului;

T - temperatura absolută;

η - vâscozitatea solventului la temperatura T .

Factorii care influențează procesul de difuzie. Funcționarea normală a unei instalații de difuziune, cu desfășurarea corectă a procesului de difuzie, este influențată de un mare număr de factori.

Calitatea materiei prime. Instalațiile sunt concepute pentru prelucrarea unei materii prime care să satisfacă anumite criterii de calitate. Dacă se prelucrează o sfeclă calitativ necorespunzătoare, atunci sunt denaturați parametrii optimi de desfășurare a difuziei, având ca efect pierderi semnificative de zahăr în borhot, puritate scăzută a zemii de difuzie și randamente inferioare la prelucrare.

Temperatura de difuzie are un rol determinant întrucât ea favorizează plasmoliza celulelor. În același timp este favorizată difuzia prin scăderea vâscozității zemii, iar la temperaturi de 70-74 °C sunt distruse unele microorganisme care prin fermentație ar putea consuma zahăr.

La unele instalații tăiței sunt opăriți cu zeamă fierbinte la 85-90 °C și prin aceasta acțiunea de sterilizare este mult mai pronunțată, tratamentul putându-se aplica doar la cei care

provin dintr-o sfeclă de calitate. Când se prelucrează sfeclă parțial sau total înghețată, temperatura de difuzie fiind scăzută se vor folosi dezinfecțanți care să inhibe acțiunea microorganismelor.

Dacă se depășește temperatura optimă de difuzie (fig.11.2), are loc, pe de o parte trecerea masivă a substanțelor pectice în zeama de difuzie (fig.11.3), cu efecte negative asupra procesului tehnologic, iar pe de altă parte înmuierea și terciuirea tăițelilor, cu scăderea randamentului difuziei.

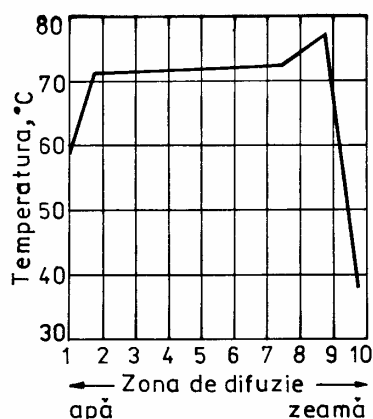


Fig. 11.2. Diagrama de temperatură la o instalație de difuzie cu funcționare continuă

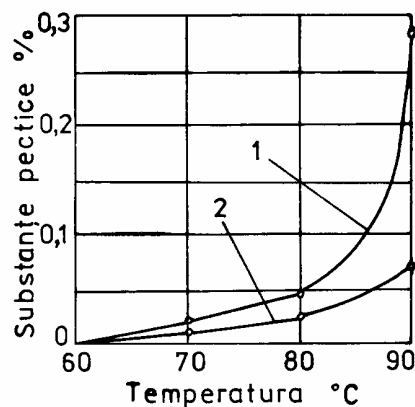


Fig. 11.3. Variația conținutului de substanțe pectice din zeama de difuzie cu temperatura: 1-120 min; 2-60 min.

Sutirajul reprezintă cantitatea de zeamă de difuzie ce se extrage din instalația de difuzie. Are valori între 105-135 % și se exprimă în kg, în raport cu masa de sfeclă introdusă la extracție. Prin sutiraj sunt influențate pierderile de zahăr în borhot, astfel că dacă o instalație lucrează la niște parametri constanți, prin creșterea cantității sutirate scad pierderile de zahăr și invers, depășirea limitei de 130 % determinând însă o înrăutățire a calității zemii de difuzie.

Viteza zemii în instalația de difuzie este o componentă de bază a hidrodinamicii difuziei și ea trebuie astfel aleasă încât procesul să se desfășoare în condiții optime.

Calitatea tăițelilor de sfeclă. Cu cât aceștia sunt mai subțiri și mai lungi, suprafața de difuzie este mai mare iar procesul decurge mai repede și mai complet. Practic calitatea tăițelilor este exprimată prin cifra Silin (reprezintă lungimea a 100 g tăiței din care s-au eliminat cei cu lungimea mai mică de 1 cm și plăcuțele) sau cifra suedeză (reprezintă raportul dintre masa tăițelilor care depășesc lungimea de 5 cm și masa celor cu lungimea sub 1 cm).

Calitatea tăițelilor determină permeabilitatea zemii de difuzie în masa de tăiței și din acest punct de vedere cea mai mare permeabilitate o au tăițeii a căror cifră suedeză este cuprinsă între 15-30, valoarea optimă fiind în jur de 20.

Gradul de încărcare a instalației cu tăiței. Încărcarea specifică este o caracteristică foarte importantă, influențând hidrodinamica procesului de difuzie, iar nerespectarea ei conduce la scăderea productivității instalației și înrăutățirea indicilor calitativi ai extracției.

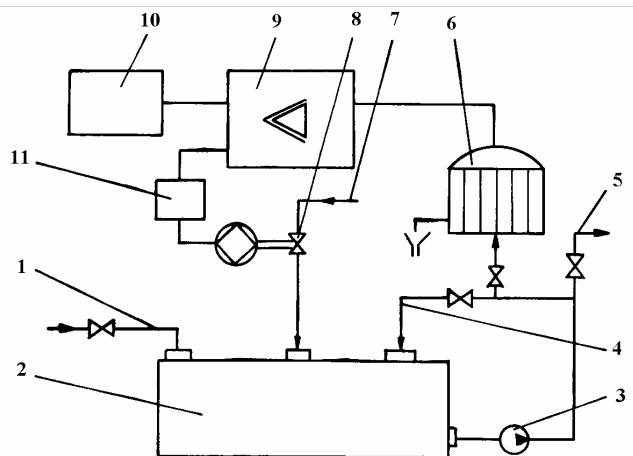
O încărcare specifică mai mică decât cea optimă determină trasee preferențiale ale zemii, difuzie neomogenă în masa de tăiței și pierderi mari de zahăr. Depășirea valorii optime duce la scăderea permeabilității tăițelilor, scade viteza de difuzie, procesul în sine fiind afectat. Și în această situație cresc pierderile de zahăr în borhot.

Durata de difuzie la o extracție normală este cuprinsă între 60-100 minute, în funcție de tipul instalației, capacitatea de prelucrare, calitatea materiei prime și temperatura de difuzie. Creșterea temperaturii și duratei de difuzie peste valorile normale determină dereglarea întregului proces de fabricație, prin trecerea unor mari cantități de nezaharuri în zeama de difuzie.

Calitatea apei de difuzie influențează considerabil procesul de extracție, principalii indicatori ai acesteia fiind puterea de tamponare, pH-ul și încărcătura bacteriologică.

Prin tamponare apa de difuzie neutralizează efectul alcalinizant propriu al pulpei epuizate, ea determinând evoluția pH-ului amestecului pulpă-apă și prin aceasta calitatea conținutului în substanțe coloidale.

Apa de difuzie trebuie să aibă un pH de 5,8-6,2, o apă alcalină favorizând solubilizarea substanțelor pectice și trecerea lor în zeama de difuzie, iar o apă acidă prezintă pericolul apariției unor fenomene de coroziune.



Întrucât din considerente economice la difuzie se utilizează apă condensată la evaporare, precum și apele de la presarea borhotului, acestea se supun unor tratamente care să le aducă la parametrii necesari.

Fig. 11.4. Instalația de acidulare a apei de difuzie cu reglaj automat: 1-conductă alimentare; 2-rezervor de reacție; 3-pompă; 4-conductă agitare; 5-conductă evacuare; 6-lanț de electrozi; 7- conductă acid; 8-vană reglabilă; 9-traductor; 10-aparat înregistrare; 11-regulator

Astfel, la apele condensate, datorită alcalinității ridicate (pH-ul 8,7-9,5) ele se tratează cu acid sulfuric sau bioxid de sulf (fig.11.4.), iar apele de presă se separă de pulpă și suspensiile coloidale, se sterilizează termic după care se poate face și corecția pH-ului prin neutralizare sau acidulare.

Acțiunea microorganismelor asupra procesului de difuzie se manifestă prin apariția unor pierderi de zahăr nedeterminate. Microorganismele ajunse în instalațiile de difuzie provin din sfecla infectată, apa de transport, apa de spălare, apa de presă, resturi de tăiței rămași pe conductele de transport și care iau contact cu aerul atmosferic.

Pentru a evita pierderile de zahăr și dezvoltarea microorganismelor în zeama de difuzie, toate componentele ce intră în procesul de difuzie trebuie bine dezinfectate, iar temperatura de minimum 70 °C trebuie atinsă rapid și menținută pe toată durata difuziei.

Tehnica de extragere a zahărului prin difuzie folosește instalații cu funcționare continuă, în care apa de difuzie și tăiței circulă în contracurent, determinând o extracție cât mai bună a zahărului.

Cele mai utilizate instalații de difuzie în fabricile de zahăr din țara noastră sunt: instalația de difuzie continuă cu coloană BMA (fig.7.5), instalația de difuzie continuă cu tambur orizontal RT II (fig.7.6) și instalația de difuzie continuă DDS (fig.11.7).

În instalația BMA tăiței de la mașina de tăiat sunt preîncălziți, cu zeama provenită din turn, în preîncălzitor unde temperatura amestecului ajunge la 45 °C. Zeama se separă de tăiței iar după reținerea nisipului și a pulpei este introdusă în fabricație. Tăiței sunt trecuți în vasul de opărire unde este pompată zeama recirculată și încălzită la 85-90 °C, aici având loc și plasmoliza. Zeama cu tăiței iese din opăritor cu temperatura de 70-80 °C și sunt pompați în turnul de difuzie. Prin intermediul unui sistem cu palete elicoidale tăiței sunt transportați pe verticală în sus, în sens invers circulând apa de difuzie (proaspătă și de la presă), la partea superioară fiind preluați și distribuiți cu două șnecuri la presa de borhot.

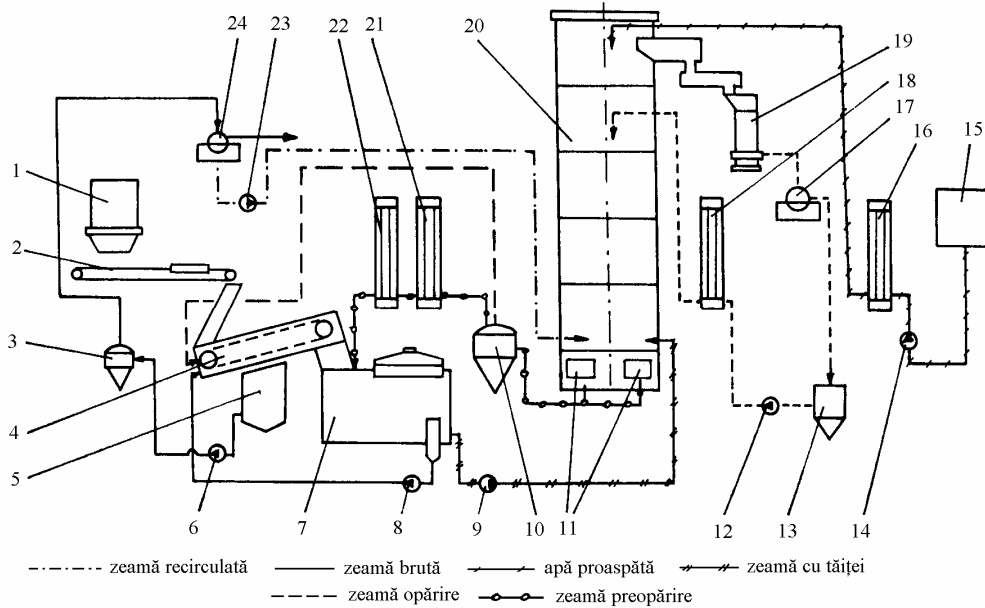


Fig. 11.5. Schema instalației de difuzie BMA: 1-mașină de tăiat; 2-bandă transportoare cu cântar; 3,10-prinzătoare de nisip; 4-preopăritor; 5-vas pentru zeamă sutirată; 6,8,9,12,14,23-pompe; 7-opăritor; 11-prize pentru zeamă; 13-rezervor ape de presă; 15-rezervor apă proaspătă; 16,18,21,22-preîncălzitoare; 17,24-prinzătoare de pulpă; 19-presă; 20-turn de difuzie.

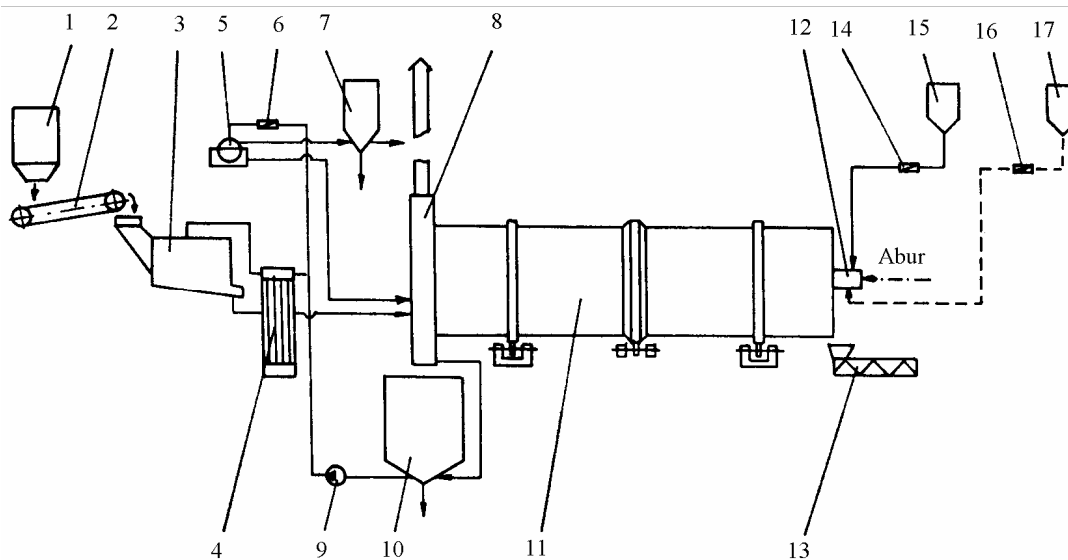


Fig. 11.6. Schema instalației de difuzie RT II: 1-mașină de tăiat; 2-bandă transportoare cu cântar; 3-opăritor; 4-preîncălzitor; 5-prinzător de pulpă; 6,14,16-vane dozatoare automate; 7-rezervor ape de presă; 8-cap de alimentare; 9-pompă; 10-vas de recirculare; 11-tambur; 12-cap de alimentare pentru apă; 13-transportor pentru borhot; 15,17-rezervoare de apă.

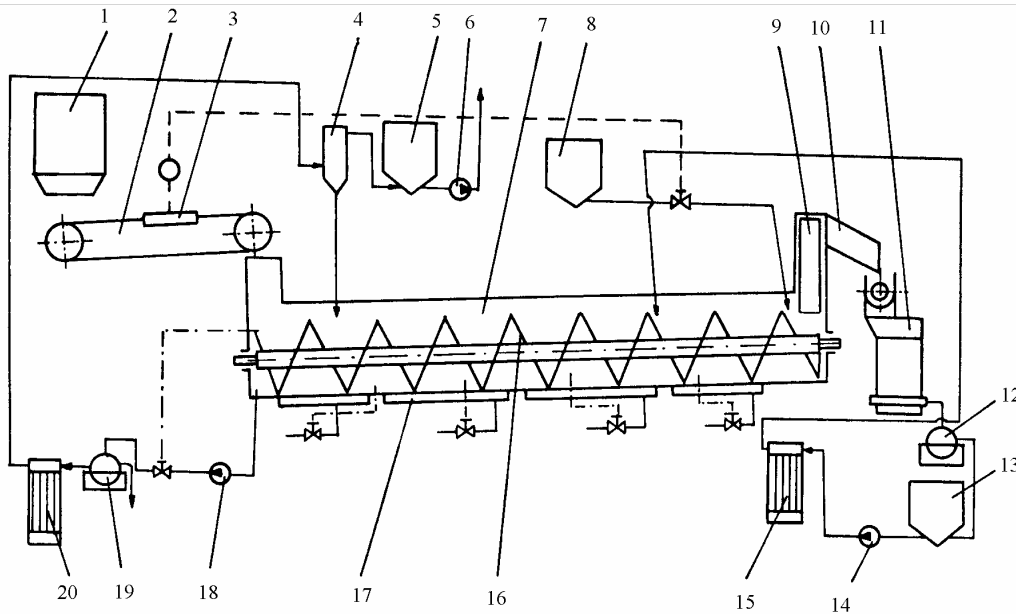


Fig. 11.7. Schema instalației de difuzie DDS: 1-mașină de tăiat; 2-bandă transportoare; 3-cântar; 4-separator pulpă; 5-vas cu zeamă brută; 6,14,18-pompe; 7-albia aparatului; 8-rezervor de apă; 9-roată ridicătoare; 10-jgheab; 11-presă borhot; 12,19-prinzătoare de pulpă; 13-rezervor apă de presă; 15,20-preîncălzitoare; 16-transportor elicoidal; 17-manta de încălzire.

Apa proaspătă și apa de presă se adaugă în cantitatea și la temperatura care să asigure în turnul de difuzie $70-75^{\circ}\text{C}$.

Instalația cu tambur orizontal RT II se caracterizează prin faptul că, datorită construcției acesteia, se reduce timpul de staționare al zemei de difuzie în aparat, prin existența unei spirale duble în interiorul aparatului de difuzie.

Tăiței de la mașina de tăiat sunt cântăriți și transportați la opăritor, unde sunt opăriți cu zeamă recirculată și încălzită la 85°C . După terminarea plasmolizei amestecul zeamă-tăiței este adus la capul de alimentare unde are loc separarea zemei și trecerea ei în vasul de recirculare, tăiței fiind introduși în tambur. Apa de difuzie este introdusă prin capul de alimentare, având o circulație inversă tăițelor, temperatura acesteia fiind de 75°C . Borhotul epuizat și scurs este preluat de un transportor care îl va duce la presa de borhot.

Regimul termic al instalației este bine determinat, dar pentru a compensa pierderile de căldură aceasta este prevăzută cu posibilitatea introducerii de abur pentru reglarea temperaturii.

Instalația de difuzie DDS are aparatul de difuzie format dintr-o cuvă bicilindrică înclinată, prevăzută în interior cu două transportoare elicoidale, iar la exterior cu o manta de încălzire pe sectoare. Astfel tăiței de sfeclă ajunși în gura de alimentare cad în zeama încălzită la 80°C , unde sunt opăriți. Preluări de transportoarele cu palete aceștia sunt epuizați de apa care circulă în contracurent, iar cu ajutorul roții ridicătoare tăiței sunt deversați în jgheabul de alimentare al presei de borhot.

Din instalațiile de difuzie rezultă ca produse zeama de difuzie și borhotul de tăiței, compoziția lor fiind prezentată în tabelul 11.2.

Zeama de difuzie reprezintă un sistem polidispers ce conține suspensii fine, substanțe ce formează soluții coloidale și substanțe ce formează soluții adevărate.

Suspensiile fine sunt date de cantitatea de pulpă din zeamă și care depinde de caracteristicile mecanice ale tăițelor de sfeclă. Conținutul de pulpă fină din zeama de difuzie variază între $0,2-0,6\text{ g/l}$, la care se mai adaugă cca 1% urme de sol rămase pe sfeclă după spălare.

Tablul 11.2. Compoziția zemei de difuzie și a borhotului, în % S.U.

Părți componente	Zeamă de difuzie	Borhot de tăiței
Zaharoză	15,0	0,2
Substanțe pectice insolubile	-	2,6
Substanțe pectice solubile	0,1	-
Substanțe azotate, din care:	1,2	0,6
- proteine	0,7	0,5
- alte substanțe cu azot	0,5	0,1
Substanțe fără azot	0,8	0,1
Cenușă	0,4	0,2

Substanțele coloidale trec din sfeclă în zeama de difuzie în proporții ce depind de calitatea materiei prime și parametrii procesului de difuzie, fiind alcătuit din proteine și polizaharide.

Proteinele din zeamă depășesc 40 % din cantitatea existentă în pulpă, fiind prezente sub forma complexului proteină-pectine (componenta proteică este o polipeptidă alcătuită din cistină, lizină, histrolină, arginină, acid aspartic, serină, acid glutamic, alanină, tirozină, metionină, fenilalanină, leucină, etc.).

Aminoacizii și betanina se extrag aproape complet din sfeclă, iar dintre polizaharide în zeama de difuzie se regăsesc pectine, araban, galactan și dextran. Conținutul în pectine al zemei variază între 0,08 și 0,3 % S.U. fiind cu atât mai mare cu cât timpul de difuzie este mai scurt.

Dintre substanțele fără azot în zeamă se găsesc acizi organici și acizi anorganici liberi sau sub formă de săruri și care, împreună cu aminoacizii, imprimă capacitatea tampon, importantă la purificarea și concentrarea zemei de difuzie.

Tot în zeama de extracție se regăsesc și zaharuri reducătoare precum trioze, arabioză, ziloză, fructoză, glucoză și galactoză, conținutul lor depinzând de calitatea sfeclei, gradul de solubilizare și hidroliză a componentelor pulpei și a zemei.

Cenușa din zeamă este formată din anioni fosfat, clorură, sulfat precum și din cationi de potasiu, calciu, sodiu sau magneziu, ajungând la 3-4 % S.U. O parte din cenușă este reținută de borhot în pereții celulari sau în unele țesuturi, în zeamă cenușa fiind prezentă sub formă de săruri minerale sau legată de substanțe coloidale.

Culoarea brună-cenușie a zemei de difuzie este dată de către melanina aflată în stare coloidală și care se îndepărtează în procesul de purificare calco-carbonică.

Borhotul reprezintă tăiței epuizați în zahăr și este alcătuit din pulpa de sfeclă formată din celuloză, hemiceluloză și substanțe pectice, precum și din substanțe proteice coagulate, acestea făcând din borhot un furaj bun pentru zootehnie.

Întrucât borhotul conține un procent mic de substanță uscată, în majoritatea cazurilor acesta se presează și se usucă, apele de presă fiind reintroduse în procesul tehnologic.

11.2. Purificarea și concentrarea zemei de difuzie

Zeama rezultată în urma extragerii zahărului din sfeclă conține, pe lângă zahăr și un mare număr de substanțe cu caracteristici fizice și chimice diferite, denumite nezaharuri. Purificarea urmărește îndepărtarea cât mai completă a lor, în urma căreia să rezulte o zeamă bogată în zahăr, de calitate superioară.

Ca metode de purificare a zemei de difuzie se cunosc: purificarea calco-carbonică, schimbul ionic la demineralizare sau excluderea de ioni, electrodializa și osmoza inversă. Datorită costurilor cu mult mai scăzute, purificarea calco-carbonică este cea mai răspândită în practica industrială.

Purificarea calco-carbonică utilizează oxidul de calciu și bioxidul de carbon, care adăugate în zeama de difuziune, contribuie la precipitarea și separarea coloizilor, descompunerea substanțelor reducătoare și obținerea unei zemi termostabile, separarea nămolului din zeama

purificată și decalcifierea zemei de difuzie, schema de principiu a procesului tehnologic fiind prezentată în figura 11.8.

Predefecarea sau precipitarea coloizilor se realizează prin adăugarea laptelui de var în zeama de difuzie, având ca scop precipitarea nezahărului sub formă de săruri de calciu insolubile și coagularea substanțelor proteice și pectice.

Reacțiile ce au loc la predefecare sunt datorate în special ionilor de Ca^{2+} și OH^- . Ionii de calciu reacționează cu anionii unor acizi și dau săruri de calciu insolubile, prin această reacție precipitând acidul oxalic, citric, oxicitric și tartric, anionul fosforic și parțial cel sulfuric. Totodată, în prezența ionilor de calciu are loc coagularea și precipitarea polimerilor înalți, în special proteinele, saponinele și melaninele. Ionii de OH^- neutralizează acizii liberi iar în reacții cu săruri de aluminiu, fier și magneziu, precipită metalele sub formă de hidroxizi.

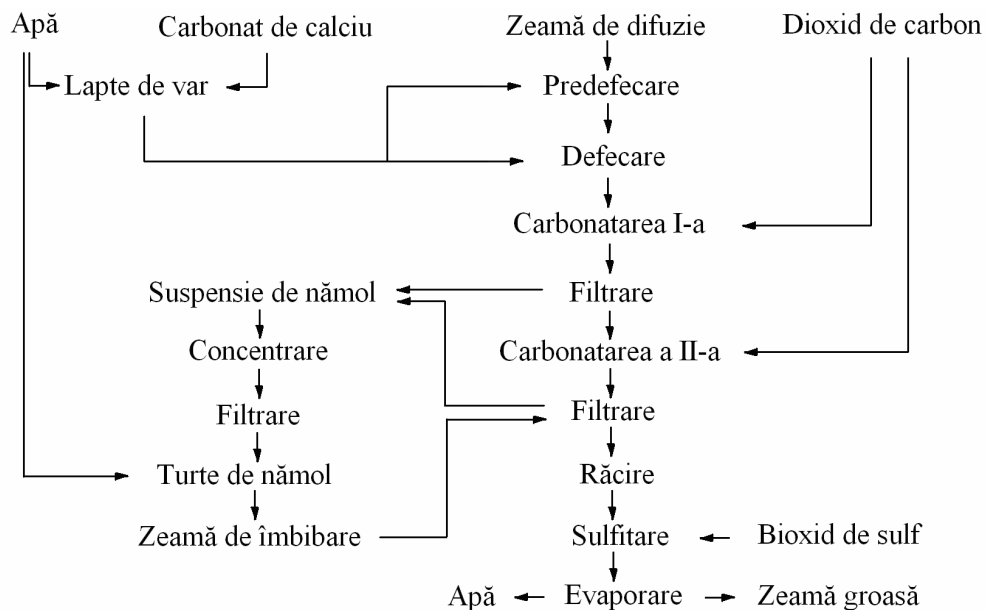


Fig. 11.8. Schema tehnologică de purificare și concentrare a zemei de difuzie

În conducerea operației de predefecare trebuie ținut cont de faptul că solubilitatea laptelui de var (a hidroxidului de calciu) este mai mare în soluția de zahăr și că aceasta crește cu concentrația de zahăr, dar scade cu creșterea temperaturii.

Coloizii din zeama de difuzie sunt alcătuiți din proteine, pectine saponine, araban, galactan, etc., compuși cu structură liniară și pronunțat caracter hidrofil, care prezintă două valori ale pH-ului la care coagularea este optimă: un mediu acid cu pH-ul de 3,5, corespunzător punctului lor izoelectric și un mediu alcalin la un pH cuprins între 10,8-11,2, în prezența varului.

Esențial în operația de predefecare este variația pH-ului în instalația de predefecare (fig.11.9.), evoluția lui trebuind să dea timp suficient substanțelor ce coagulează să se stabilizeze și să se deshidrateze în toată zeama. O evoluție după curba I produce o zeamă ce spumează ușor și un nămol greu de prelucrat, cea mai favorabilă fiind evoluția pH-ului după curba III.

Aparatele de predefecare sunt construite din compartimente în care dozele de var diferă progresiv. Circulația zemei de difuzie se face în contracurent, cu pH-ul crescător dinspre primul spre ultimul compartiment. Cantitatea de var adăugată este de 0,15-0,25 % CaO , procesul desfășurându-se la temperaturi de 60-70 °C, la care precipită compact proteinele și pectinele, îmbunătățind filtrabilitatea nămolului.

Defecarea sau descompunerea substanțelor reducătoare, constă în tratarea zemei predefecate cu o cantitate de var de 1,5-2 % CaO . Prin creșterea pH-ului peste 12 varul adăugat acționează atât asupra coagulului coloidal și sărurilor precipitate, cât și asupra substanțelor dizolvate.

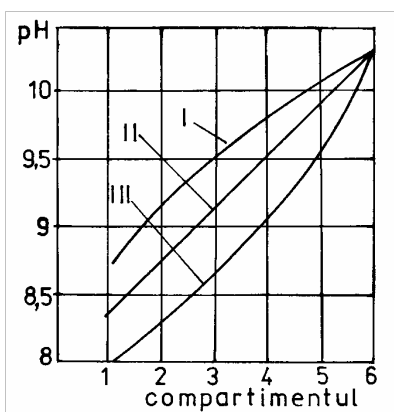


Fig. 11.9. Moduri de variație ale

pH-ului

precipitând sub formă de săruri de calciu, glicerina rămânând în soluție. Sub influența căldurii trec din pulpă în zeamă pectina și arabanul care, în contact cu varul, dau naștere la un precipitat gelatinos, scăzând puritatea și filtrabilitatea precipitatului.

Prin creșterea temperaturii viteza reacțiilor crește, temperatura cea mai favorabilă, în condiții normale (conținutul de zahăr reducător de 0,3-0,4 % S.U.) fiind de 70-80 °C, mergând până la maxim 85 °C. În acest domeniu reacțiile se desfășoară rapid (se pot descompune cca 97 % din substanțele reducătoare din zeamă), iar zaharoza nu este distrusă într-o proporție semnificativă, fapt ce conduce la o foarte bună termostabilitate a zemii, necesară în fazele următoare ale procesului tehnologic.

Carbonatarea I-a sau prima saturație constă în tratarea zemii defecate cu bioxid de carbon și are ca scop:

- purificarea zemii prin intermediul precipitatului de carbonat de calciu, care crează condiții ca o mare parte din nezahărul zemii să fie adsorbit sau absorbit de către cristalele de CaCO_3 în formare sau pe cristalele deja formate;
- precipitarea cu bioxid de carbon sub formă de carbonat de calciu a varului ce se află în exces sau slab legat (zaharați mono și bicalcici);
- formarea precipitatului de carbonat de calciu care constituie un material ajutător la filtrarea zemii carbonatate.

S-a constatat practic că purificarea chimică este îmbunătățită atunci când cristalele de carbonat de calciu sunt fine, cu suprafață mare de adsorbție, dar în aceste condiții scade viteza de sedimentare și de separare a nămolului. Pentru a obține cristale mari de precipitat trebuie evitată suprasaturarea soluției în carbonat de calciu, prin carbonatare la un pH redus.

Menținerea unui pH redus se face cel mai bine prin carbonatare continuă, păstrând în aparatul de saturație o alcalinitate constantă și redusă prin recirculare de zeamă saturată, condiția cea mai importantă a carbonatării fiind menținerea unui pH optim pentru zeama carbonatată.

Procesul de carbonatare constă în încălzirea zemii defecate la 85-90 °C și tratarea cu gaze ce conțin 23-34 % CO_2 (provenite de la calcinarea varului), prin barbotare cu dispozitive speciale până la obținerea unei alcalinități caracterizată de pH-ul optim. În condiții obișnuite (zeama provine din sfeclă de calitate) carbonatarea se face până la un pH cuprins între 10,8-11,2, respectiv un conținut de 0,06-0,1 % CaO, durata nedepășind 10 minute.

Cu cât zeama este expusă un timp mai scurt la alcalinități și temperaturi ridicate, cu atât sunt mai bune rezultatele carbonatării.

Carbonatarea a doua sau decalcifierea zemii subțiri are ca scop reducerea la minimum posibil a sărurilor de calciu, pe care le conține zeama filtrată de la carbonatarea întâia. Prin aceasta se mărește gradul de puritate al zemii, cu scăderea pierderilor de zahăr în melasă și se reduc depunerile de crustă pe țevile instalațiilor de fierbere. Carbonatarea a doua constă în tratarea zemii filtrate cu bioxid de carbon până la obținerea alcalinității necesare.

Sub acțiunea ionilor de OH^- la defecare se produc reacții de descompunere: sărurile de amoniu trec în amoniac și sare de calciu, amidele acizilor (glutamina, asparagina și amida acidului oxalic) degajă la descompunere amoniac, iar în soluție rămân sărurile de calciu ale aminoacizilor (au dezavantajul că măresc pierderile de zahăr în melasă, dau reacții de brunificare și îngreuează fierberea și cristalizarea zahărului), ureea se transformă în amoniac și bioxid de carbon, iar zaharurile reducătoare se descompun cu generarea unor acizi (lactic, zaharinic, zaharomic și humic, ultimii doi precipitând cu varul, iar restul fiind dizolvați sub formă de săruri de calciu).

La defecare grăsimile din zeamă suferă procesul de saponificare, acizii grași rezultați în prezența varului

Zahărul reducător, substanțele alcalogene și amidurile nedecompușe anterior, se descompun la carbonatarea a doua, substanțele colorante (de tip melanoidinic) formate la predefecare și defecare sunt absorbite de carbonatul de calciu, reacțiile fundamentale în această fază fiind cele de natură ionică.

Compoziția zemii se pot împărți în două grupe distincte:

- consumatori de alcalinitate: amide, zahăr reducător, ionii de calciu și magneziu, aminoacizii și acizii slabi;
- producători de alcalinitate: acizii oxalic și fosforic, pectine proteine, acidul citric, acidul malic, acidul sulfuric.

Acești compuși participă în diverse proporții la balanța ionică, influențând alcalinitatea disponibilă și care depinde de punctul final al primei carbonatări.

Deoarece nu tot calciul precipită (în zeamă rămâne o cantitate de "calciu remanent"), alcalinitatea reală este mai mare decât cea teoretică și se numește "alcalinitate naturală practică". Valoarea la care zeama are cel mai scăzut conținut de "calciu remanent" se numește "alcalinitatea optimă" a carbonatării a doua.

În practică se controlează continuu alcalinitatea optimă a carbonatării prin pH-ul zemii, menținerea constantă a acesteia pe toată durata procesului de tratare cu bioxid de carbon reglându-se automat, în funcție de pH-ul final al zemii. PH-ul soluției trebuie menținut în limitele 9,0-9,25 (măsurat la 25 °C), tratarea cu CO₂, a cărui debit este reglat pe bază de pH-metrie, se face la temperaturi cuprinse între 92-95°C, când gradul de utilizare a CO₂ este de 60-65 %.

La unele instalații de purificare zemii filtrate, înainte de a fi introdusă la carbonatarea a doua, i se face o defecare cu 0,1-0,3 % CaO, în urma căreia crește puritatea zemii prin obținerea unui precipitat mai bogat și ușor filtrabil.

Decalcifierea zemii prin schimb ionic. Întrucât prin metodele prezentate nu se pot elimina toate sărurile de calciu solubile din zeamă, se face apel la rășini schimbătoare de ioni. Prin schimb ionic se elimină practic calciul din zeamă, dar pentru protecția țevilor fierbătoarelor se lasă un procent de 0,002 % calciu remanent. Rășinile folosite sunt de tipul stiren-divinil-benzen-sulfonat, puternic acide, zeama trecând prin stratul de rășină cu o viteză de 20-30 m/h la temperatura de 85-90 °C.

Decalcifierea cu amoniac și carbonat de amoniu presupune ca la o temperatură ridicată, zeama să fie carbonată până la un pH de 11,0, condiții în care are loc peptizarea coloizilor, filtratul conținând săruri de calciu dizolvate. După un tratament cu lapte de var (0,1 % CaO) se face carbonatarea, urmată de tratarea cu amoniac și carbonat de amoniu într-un reactor vertical, în prezența cărora ionii de calciu precipită în cristale mari de carbonat de calciu. Prin această metodă se poate purifica orice zeamă, eliminându-se 90-95 % din sărurile de calciu.

Separarea nămolului din zeamă. Precipitatul rezultat la cele două carbonatări se separă din zeamă și se concentrează, prin compoziția sa chimică fiind util atât pentru ameliorarea solurilor acide, cât și ca îngrășământ.

Nămolul de defeco-carbonatare este alcătuit în principal de CaCO₃ (cca 80 %), proteine coagulate, săruri de calciu, acid oxalic, acid citric, saponine, melanine, săruri de calciu ale acidului fosforic și sulfuric, compuși cu fosfor și azot.

De obicei separarea suspensiei de precipitat de la carbonatare se face prin decantare și filtrare sau numai prin filtrare. Concentrarea nămolului se face până la 20-25 % S.U. după care suspensia se îngroașă cu filtre de concentrare, turtele de nămol spălându-se cu apă în vederea recuperării zahărului.

Sulfitatea. Pentru a îmbunătăți calitatea zemii subțiri sub aspectul vâscozității și colorației, aceasta se tratează cu bioxid de sulf. Sulfitatea poate merge până când zeama grosă rezultată de la evaporare are o alcalinitate finală de 0,01-0,02 % CaO, respectiv un pH cuprins între 8,2-8,6. Din reacția bioxidului de sulf cu apa rezultă acid sulfuros care oxidând în soluție apoasă, trece în acid sulfuric și hidrogen. Prin reducerea de către hidrogen a substanțelor colorante și trecerea lor în substanțe incolor, zeama se decolorează.

La sulfitare în zeamă apar săruri de potasiu ale acidului imidodisulfonic care, având același coeficient de solubilitate ca și zaharoza, cristalizează împreună cu ea iar zahărul obținut din clere conține un procent ridicat de cenușă. Din această cauză trebuie eliminată acțiunea microorganismelor în instalațiile de difuzie, prin dezinfectarea periodică a acestora.

Ca urmare a cercetărilor în domeniul purificării zemei de difuzie, s-a stabilit o gamă largă de variante ale procesului, bazate pe recircularea carbonatului de calciu în zeama de difuzie și pe defeco-carbonatare simultană, în continuare fiind prezentate instalațiile de purificare mai des întâlnite în practică.

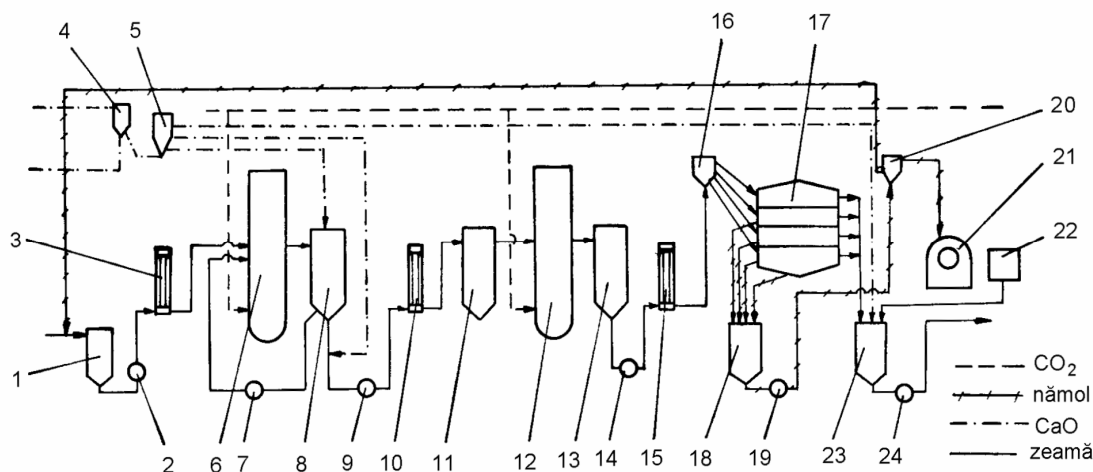


Fig. 11.10. Schema instalației de purificare BMA: 1-vas stabilizator; 2,7,9,14,19,24-pompe; 3,10,15-preîncălzitoare; 4-rezervor lapte de var; 5-distribuitor; 6-presaturator; 8,13-vase tampon; 11-vas defecare principală; 12-vas saturația I-a; 16-distribuitor zeamă saturația I-a; 17-decantor; 18-rezervor concentrat nămol; 20-distribuitor concentrat nămol; 21-filtru cu vid; 22-separator zeamă; 23-rezervor zeamă limpede.

Instalația de purificare BMA (fig.11.10.) este de tipul fără coagularea coloizilor înaintea primei carbonatări. Zeama din vasul de stabilizare este amestecată cu concentratul de nămol în cantitate de 8-10 % vol. , astfel că amestecul zeamă-nămol conține cca 0,70 % CaO, la un pH având valoarea 8. Încălzită la 75-80 °C zeama este trecută în primul vas de saturare, unde se face o presaturare la un pH de 8,5-9, varul în această fază (cca 40 % din varul total) fiind adăugat în zeama presaturată.

Alcalinizată la un pH de 10,5-11, zeama este readusă în vasul presaturator unde se amestecă în proporție de 800-1000 % cu zeamă stabilizată. Zeama saturată este preîncălzită în defecator și trecută la saturația principală, fiind tratată cu CO₂ până la valori ale pH-ului de 10,8-11, varul pentru defecare adăugându-se înaintea preîncălzirii. Separarea nămolului din zeama saturată se face cu ajutorul unor filtre cu vid.

Această instalație conduce la obținerea unui nămol ce sedimentează ușor și repede, gradul de purificare al zemei de difuzie fiind satisfăcător.

Instalația de purificare RT (fig.11.11) filtrează zeama predefeco-saturată, cantitatea de var utilizată fiind cea necesară epurării chimice, iar carbonatul de calciu este recirculat o singură dată. Zeama de difuzie este predefecată progresiv la 71 °C, în compartimentul patru al predefecatorului introducându-se 1,1-1,8 % CaCO₃ rezultat la filtrarea zemei de la carbonatarea întâia, alcalinitatea zemei fiind adusă la 0,2 % CaO. Preîncălzită la 85 °C, după adăugarea de var (cca 0,15 % CaO) zeama este saturată cu CO₂ până la o alcalinitate de 0,05 % CaO, apoi după adăugarea de zeamă și o parte din nămolul concentrat, este pompată la filtrare.

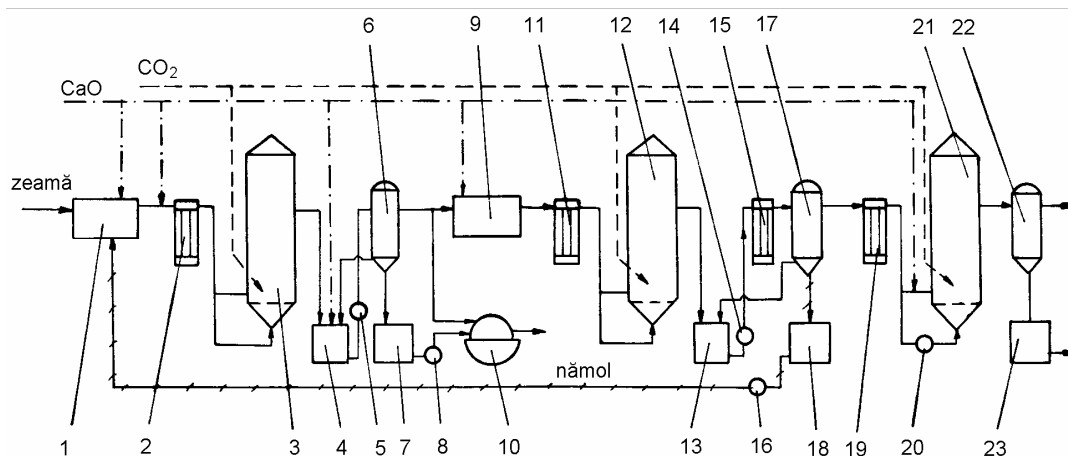


Fig. 11.11. Schema instalației de purificare RT: 1-predefecator; 2,11,15,19-preîncălziitoare; 3,12,21-saturatoare; 4,7,13,18,23-malaxoare; 5,8,14,16,20-pompe; 6,17,22-filtre; 9-defecator; 10-filtru rotativ.

Zeama de la prima îngroșare și de la filtrul rotativ este supusă unei defecări, urmată de încălzire la 80°C , saturare, respectiv filtrare. Nămolul este recirculat la predefecare iar zeama, încălzită la 95°C , se saturează până la o alcalinitate de 0,015-0,02 % CaO, după care se supune unei ultime filtrări.

Instalația de purificare DDS (fig.11.12) folosește o predefecare cu recirculare de nămol concentrat de la prima saturare, în vederea stabilizării coloizilor. Se folosește o defecare la rece urmată de o defecare la cald, până la o alcalinitate de 1-2 % CaO, în raport cu calitatea materiei prime prelucrate. După prima carbonatare (cu control automat al pH-ului) zeama este concentrată în nămol cu un filtru concentrator DDS, o parte a nămolului fiind readus la predefecare iar zeama filtrată, după o încălzire, se supune celei de a doua carbonatări, până când alcalinitatea ajunge la 0,016-0,028 % CaO.

Acest procedeu fiind condus și reglat automat poate prelucra orice calitate de sfeclă, având posibilitatea de a lucra cu defeco-carbonatare, când se cere evitarea defecării.

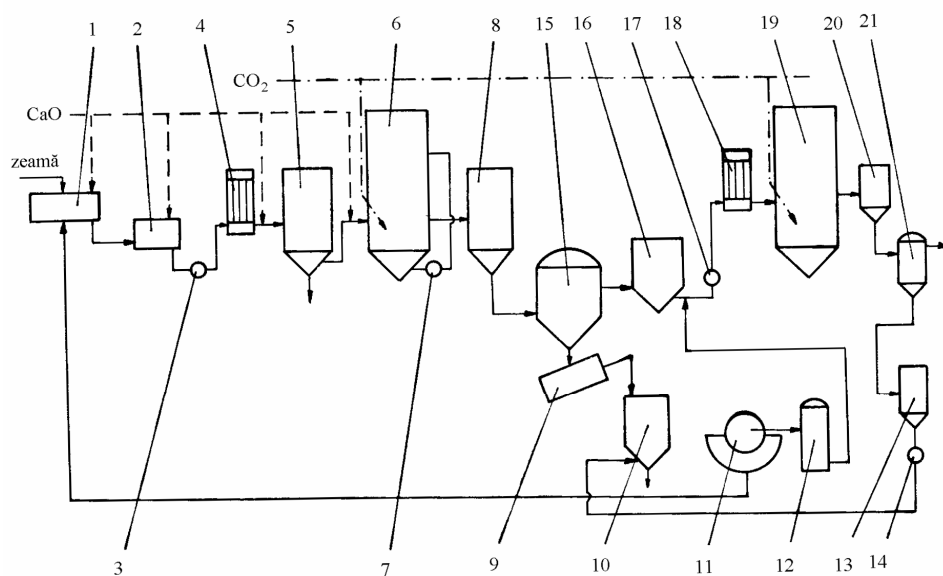


Fig. 11.12. Schema instalației de purificare DDS: 1-predefecator; 2-defecator la rece; 3,7,14,17-pompe; 4,18-preîncălziitoare; 5-defecator; 6-saturator; 8-rezervor zeamă nefiltrată; 9-transportor nămol; 10-rezervor nămol concentrat; 11-filtru cu vid; 12,16-rezervoare zeamă filtrată; 13-rezervor nămol; 15-filtru DDS; 19-vas pentru carbonatarea I-a; 20-rezervor; 21-filtru.

Evaporarea sau concentrarea zemei prin evaporare este o operație termică prin care se îndepărtează cea mai mare parte a apei din zeama purificată, zeama groasă astfel obținută având un conținut de minim 60-65 % S.U.

În timpul evaporării, pe lângă o concentrare a zemei în substanță uscată, au loc și unele fenomene chimice, cele mai importante fiind schimbarea alcalinității și deci a pH-ului, intensificarea colorației și formarea de precipitate insolubile. Ca urmare, zeama groasă rezultată la evaporare are o puritate superioară față de zeama subțire.

Amoniacul și carbonatul de amoniu prin evaporare ajung în apele de condensare, ape în care se regăsesc și alte substanțe volatile (acizi organici, aldehide, alcoolii). Exceptând descompunerea amidelor, scăderea alcalinității este provocată de descompunerea zahărului invertit în mediu alcalin, cu formarea de acizi humici, precum și caramelizarea slabă a zaharozei.

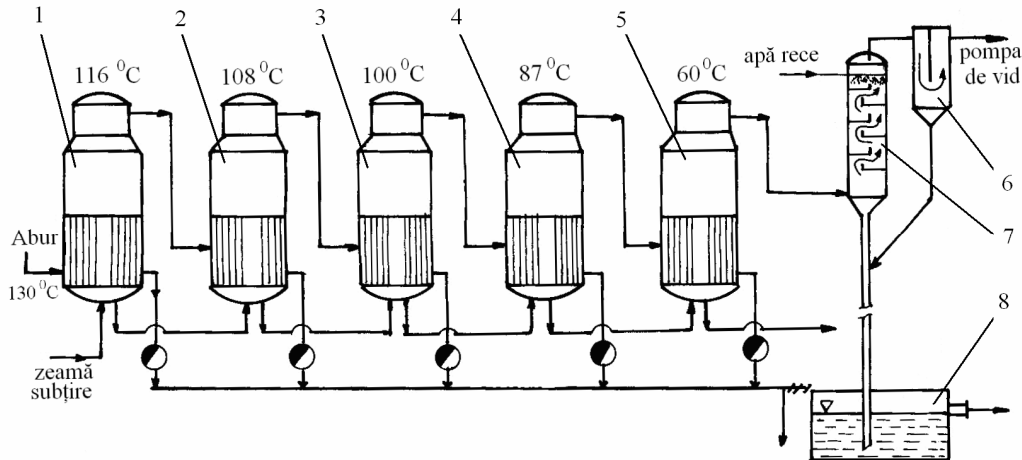


Fig. 11.13. Instalație de evaporare cu cinci corpuri (trepte): 1, 2, 3, 4, 5 – corpuri de evaporare; 6 – prizător de picături; 7 – condensator barometric; 8 – cadă barometrică.

Din considerente economice stațiile de evaporare cele mai utilizate sunt de tipul cu multiplu efect și funcționare continuă. Astfel aburul este folosit la încălzirea primului corp, vaporii secundari de la corpul I încălzesc corpul al II-lea, vaporii secundari ai acestuia încălzesc corpul al III-lea și așa mai departe (fig. 11.13).

După modul cum se face circulația zemei și a aburului, evaporarea se poate face în paralel, în contracurent sau în curent mixt (fig.11.14.)

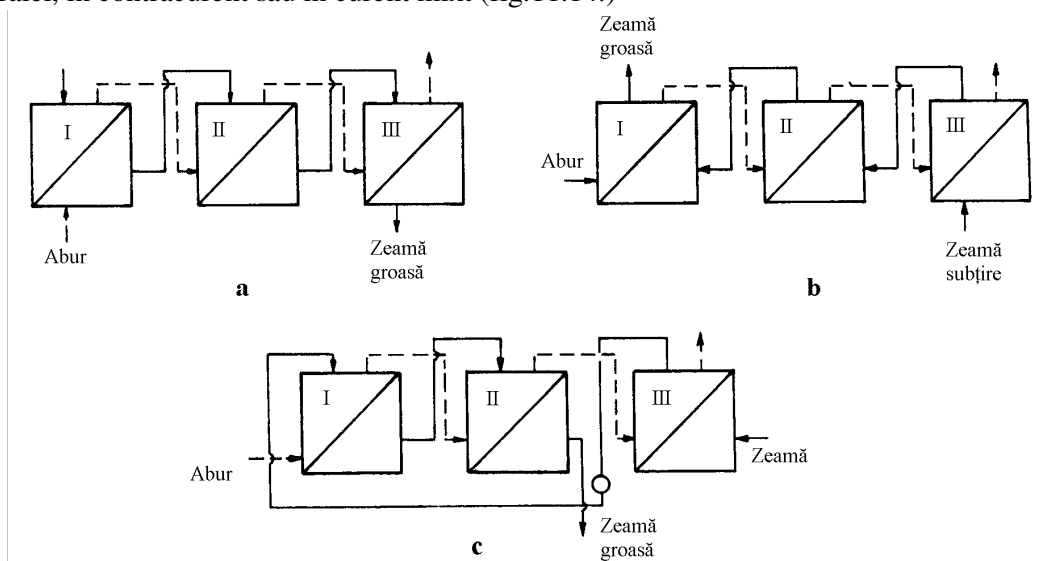


Fig. 11.14. Procedee de evaporare: a-în paralel; b-în contracurent; c-în curent mixt

După presiunea la care lucrează evaporarea se poate face în instalații sub vid, sub presiune sau mixt, fiecare dintre acestea având un număr de 4, 5 și chiar 6 corpuri de evaporare.

11.3. Cristalizarea zahărului

Obținerea zahărului din zeama groasă se realizează prin fierberea și concentrarea ei în vid. Prin evaporarea graduată a apei din sirop crește concentrația în substanță uscată, determinând o suprasaturare la care zaharoza trece din soluție în stare lichidă, depunându-se pe cristale, siropul pierzându-și fluiditatea și devenind o masă groasă (suspensie de cristale într-un sirop intercristalin).

Pentru interpretarea fenomenelor de cristalizare este necesară cunoașterea proprietăților soluțiilor, cristalelor și a legilor ce guvernează trecerea de la o stare în alta și în special viteza cu care se face această transformare.

Zaharoza formează ușor soluții suprasaturate care sunt însă instabile. Pentru ca zaharoza din soluție să cristalizeze este necesară o forță asemănătoare diferenței de potențial, care să determine trecerea moleculelor în rețeaua cristalină. Acest fenomen este posibil numai în soluții suprasaturate, prin evaporarea apei în aparate de fierbere sub vid sau prin răcirea produsului obținut la fierberea sub vid, în malaxoare-refrigerente.

Gradul de saturație al soluției apă-zaharoză se apreciază prin coeficientul de suprasaturație α , definit ca raportul dintre cantitatea de zahăr din soluția analizată și din soluția saturată, pentru aceeași temperatură și grad de puritate. Coeficientul are următoarele valori: $\alpha < 1$ la soluții nesaturate, $\alpha = 1$ la soluții saturate și $\alpha > 1$ la soluții suprasaturate.

Procesul de cristalizare a zahărului are loc în două faze distincte: formarea primelor cristale prin apariție nucleelor de cristalizare și creșterea cristalelor formate cu o viteză determinată, numită viteză de cristalizare.

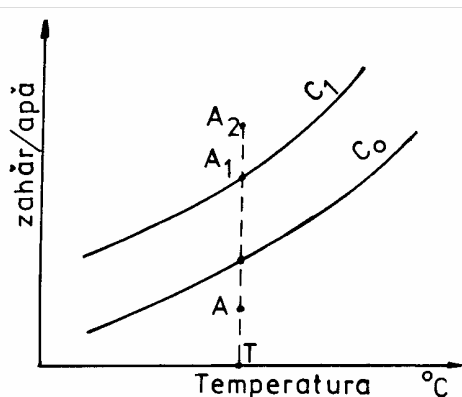


Fig. 11.15. Curbele de solubilitate și de formare spontană a cristalelor de zahăr

Zeama groasă ieșită de la evaporare are o concentrație inferioară limitei de saturație (punctul A din fig. 11.15). La fierberea sub vid are loc concentrarea siropului până la saturație, punctul A deplasându-se pe verticala T-A. Dacă fierberea se face fără agitare, concentrația siropului va depăși limita de saturare (curba C_0), va trece prin zona metastabilă și va depăși limita de formare spontană a nucleelor (curba C_1), pătrunzând în zona labilă, caracterizată prin suprasaturație înaltă dar fără

formare de cristale. Dacă siropului i se aplică un șoc termic (răcire bruscă) sau mecanic (agitare), atunci centrele de cristalizare apar spontan, în număr cu atât mai mare cu cât punctul A_2 este mai departe de A_1 .

Formarea cristalelor de zahăr în soluții suprasaturate se realizează prin adăugarea unor nuclee de aceeași natură sau ușurând nașterea nucleelor prin șoc termic sau mecanic. În fabricile de zahăr se folosesc mai multe tehnici de formare a nucleelor de cristalizare și anume: prin apariție spontană, prin șoc dirijat, prin însămânțare și prin amorsare sau inducție cristalină.

Într-un mediu suprasaturat cinetica procesului de cristalizare este determinată de două fenomene de bază: apropierea moleculelor de zaharoză până la contactul cu cristalul (fenomenul de difuzie moleculară) și așezarea moleculelor în rețeaua cristalină.

Durata de fierbere a siropurilor este determinată de viteza de cristalizare a zahărului, variația acesteia cu temperatura siropului fiind prezentată în figura 11.16, iar variația cu gradul de saturație și puritatea soluției, în figura 11.17.

Cristalizarea zahărului prin fierbere în vid poate fi realizată în instalații cu flux discontinuu sau continuu.

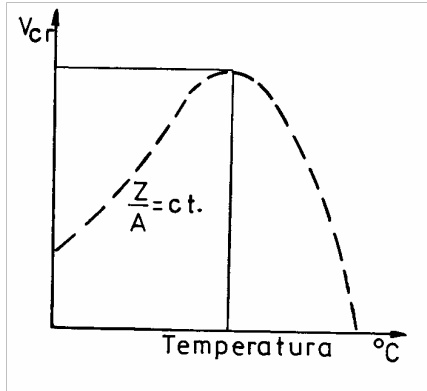


Fig. 11.16. Variația vitezei de cristalizare cu temperatura

Odată ce nucleele cristaline însămânțate se fixează, cristalele cresc continuu menținându-și forma și caracteristicile, constanța suprasaturației fiind realizată prin păstrarea unei egalități între reducerea concentrației prin cristalizare și creșterea ei prin evaporare.

Pentru atingerea purității impuse zahărului, soluția supusă cristalizării nu poate fi epuizată complet într-o singură treaptă de cristalizare. Cu cât o masă are un conținut mai mare de

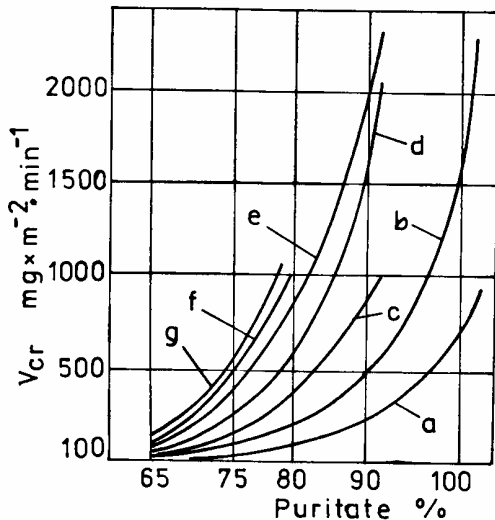


Fig. 11.17. Variația vitezei de cristalizare la 75 °C cu puritatea soluției, pentru diferite grade de suprasaturație: a-1,03; b-1,06; c-1,09; d-1,12; e-1,15; f-1,18; g-1,21.

Siropul de fierbere se concentrează la 78-80 °Bx în concentratorul 1, după care se amestecă cu masa groasă preparată în malaxorul 4 și se introduce în primul compartiment al cristalizorului 3. Cristalizorul este prevăzut cu șapte compartimente în care are loc creșterea cristalelor de zaharoză, fiecare compartiment fiind cu nivel constant și alimentat cu masă groasă din compartimentul precedent, la care se adaugă sirop proaspăt dozat cu distribuitorul 2. Cristalizorul are un sistem de încălzire atât interior, cât și exterior, precum și o încălzire pe principiul termosifonului (o mare parte a vaporilor formați în concentrator sunt injectați în masa groasă, având doar un efect mecanic, fără a dilua masa de sirop).

Concentrația masei groase crește de-a lungul compartimentelor în timp ce prin adăugarea de sirop proaspăt, concentrația siropului mamă este practic constantă.

Aparatele de fierbere discontinue presupun o succesiune de etape ce trebuie respectate: admisia siropului sau a unui picior de cristal, concentrarea la suprasaturația de însămânțare, însămânțarea sau formarea nucleelor de cristalizare, creșterea cristalelor, concentrarea finală a masei și spălarea aparatului.

Concentrarea siropului se face la o depresiune de maxim 620-640 mm col. Hg, apa evaporându-se inițial la 68-70 °C, crescând pe măsura concentrării până la 74-77 °C.

Când suprasaturația siropului atinge valorile prestabilite se introduc nucleee pentru însămânțare (pudră de zahăr, sau suspensie de nucleee într-un lichid organic), cantitatea depinzând de masa de produs ce urmează a fi obținută.

posedă mai puțin sirop fiind insuficient de fluidă. Ca urmare, cristalizarea repetată, în două sau mai multe etape, permite obținerea unor mase fluide la descărcarea din aparate.

Aparatele de fierbere cu funcționare continuă au aceleași etape ca și precedentele.

Fierberea continuă se caracterizează prin faptul că procesul de cristalizare se efectuează succesiv și continuu, de la un compartiment la altul al aparatului (fig.11.18)

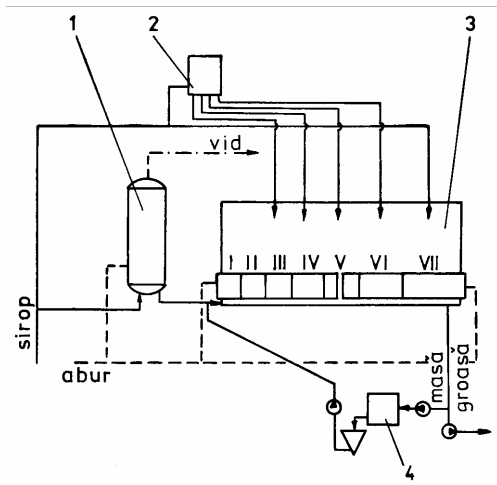


Fig.11.18. Schema unui aparat de fierbere continuă sub vid a siropului

Afinarea zahărului este o operație de purificare prin îndepărtarea mecanică a peliculei de sirop de pe cristale, fără dizolvarea acestora. Pentru afinare se amestecă zahărul brut cu siropul de afinare încălzit la 90-95 °C, într-un malaxor special timp de 20-30 minute, rezultând o masă groasă care, prin centrifugare permite separarea cristalelor de sirop.

Rafinarea zahărului. Zahărul afinat de la centrifugă are o umiditate de 2-5 %, el fiind dizolvat

pentru obținerea clerseii cu o concentrație de cca 65 °Bx. Operația se face în dizolvatoare prevăzute cu agitatoare și serpentine de încălzire, folosind condensat sau zeamă subțire bine purificată. Decolorarea clerseii se face prin amestecarea ei cu cărbune activ pulverulent sau prin trecerea peste coloane cu cărbune granulat sau cărbune de oase.

După decolorare clersele se filtrează cu ajutorul filtrelor cu kieselgur. Astfel se adaugă în clersă la temperatura de 90 °C cca 0,08 % S.U. pulbere de cărbune activ și se filtrează la o presiune de până la 3 atmosfere. În ultimul timp se folosesc filtre cu viteză mare de filtrare (filtre cu discuri sau filtre cu lumânări).

Melasa este un sirop de culoare brună închisă, cu gust și miros caracteristic, ce conține în suspensie substanțe cu compoziție și în cantități variabile, provenite din materia primă (compuși cu azot sau suspensii fine coloidale de nezahăr), constituenți formați în procesul tehnologic (proteine insolubile, produși de degradare ai zahărului) sau nezahărul insolubil rezultat la concentrarea siropului.

În general melasa conține cca 50 % din zahăr, are o puritate de 56-62 % cu o concentrație în substanță uscată cuprinsă între 78-86 °Bx. Pentru creșterea randamentului fabricilor de zahăr, melasa rezultată trebuie să aibă o puritate cât mai scăzută sau să fie cât mai epuizată în zahăr.

Alegerea unei scheme de fierbere a siropului se face în funcție de puritatea acestuia și de calitatea produsului finit.

Scheme de fierbere pentru obținerea de zahăr brut. Acest sort de zahăr se obține în urma unei singure cristalizări, din produsul (fierberea) întâi, o variantă fiind cea din figura 11.19.

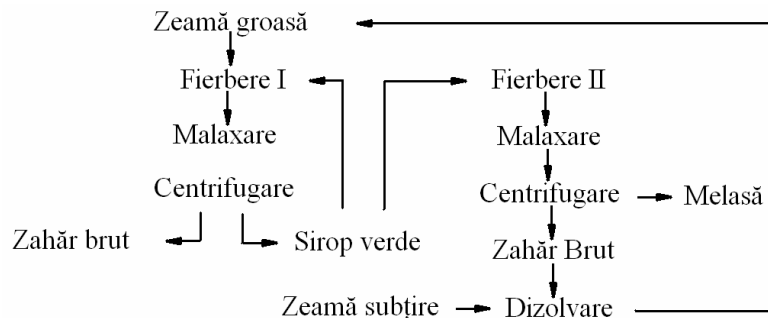


Fig. 11.19. Schema de fierbere cu două produse pentru un sort de zahăr brut

Siropul verde este recirculat la cele două produse, epuizând melasa până la 60-62 %. Zahărul brut obținut la centrifugare se dizolvă cu zeamă subțire și se amestecă cu siropul concentrat. Asemenea scheme de fierbere determină obținerea de zahăr brut impropriu comercializării, chiar dacă acestuia i s-ar face o afinare ulterioară.

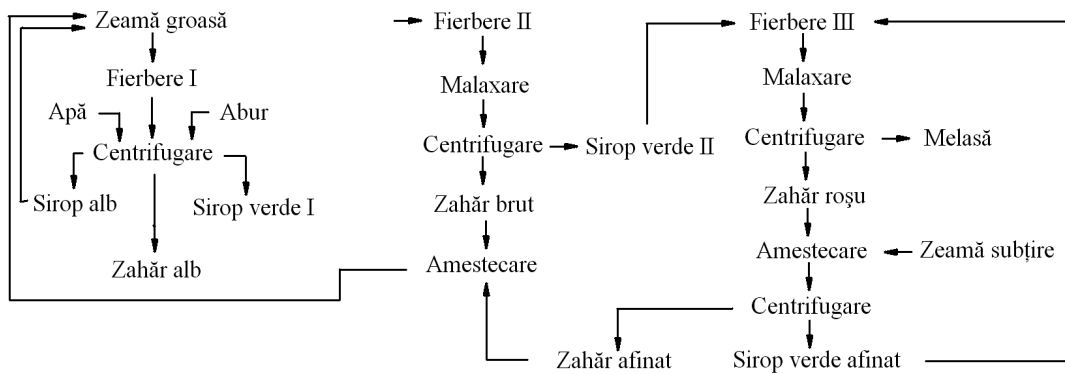


Fig. 11.20. Schema de obținere a zahărului prin trei fierberi cu un singur produs finit

Scheme de obținere a zahărului alb. Asemenea scheme realizează o dirijare a siropurilor, iar prin spălarea zahărului în centrifuge rezultă siropuri cu purități ridicate, necesitând epuizarea lor în mai multe trepte. S-au conceput variante cu 2-5 fierberi (produse), cea mai utilizată schemă fiind obținerea zahărului alb prin trei fierberi succesive (fig.11.20).

La prima fierbere se folosește masa alcătuită din siropul concentrat, clersa obținută din zahărul intermediar și final (filtrată și decolorată) și siropul alb de la produsul întâi. Dacă siropul concentrat este de bună calitate, la un randament de zahăr al masei de 40 %, se obține un zahăr alb de înaltă calitate (8-12 grade braunschweig).

Când se cere un zahăr de înaltă puritate sau când siropul este bogat în substanțe colorante, se recomandă o schemă cu patru fierberi la care, prin dirijarea siropurilor, se obține 30 % masă de rafinată, restul fiind produse de bază.

Pentru separarea cristalelor de zahăr din siropul intercrystalin se folosește principiul forței centrifuge. Astfel masa groasă este introdusă în centrifuge filtrante a căror tambur se rotește cu viteză unghiulară mare.

Intensificarea filtrării în câmp centrifugal se datorește creșterii presiunii suspensiei de cristale asupra pereților tamburului sub acțiunea forței centrifuge. Se definește factorul de separare Z ca raportul dintre accelerația centrifugală și accelerația gravitațională:

$$Z = \omega^2 R / g \quad (11.6.)$$

în care R este raza particulei față de axa de rotație;

ω - viteza unghiulară a tobei;

g - accelerația gravitațională.

Valoarea forței centrifuge de separare depinde de uniformitatea cristalelor și de vâscozitatea siropului intercrystalin, cele mai mari forțe de separare fiind necesare la centrifugarea produselor intermediare și finale.

Centrifugele folosite în fabricile de zahăr sunt cu funcționare discontinuă și continuă (cu curgere liberă sau cu înaintare forțată a masei groase), la obținerea zahărului alb fiind utilizată spălarea intermitentă a cristalelor în centrifuge, folosind ape de spălare în cantități bine determinate.

Întrucât din fierburile cu puritate scăzută, la care viteza de cristalizare este foarte mică, nu se poate extrage tot zahărul cristalizabil din siropul mamă, procesul de cristalizare întrerupt la sfârșitul fierberii este reluat prin răcirea masei groase, operația purtând numele de cristalizare suplimentară.

Pe măsură ce scade temperatura, solubilitatea zaharozei în siropul mamă se reduce, o parte a ei trece din soluție în stare de suprasaturație și în anumite condiții de temperatură și agitare, se depune pe cristalele existente. În acest fel se epuizează siropul intercrystalin în zahăr, cu creșterea randamentului în zahăr cristalizat.

Operația se execută în malaxoare sau refrigerenți în care, prin răcire progresivă și agitare continuă a masei, se mențin forțele ce determină creșterea cristalelor, se uniformizează temperatura și suprasaturația, evitând astfel apariția de noi nuclee de cristalizare.

La cristalizarea prin răcire viteza de cristalizare este foarte redusă, comparativ cu cristalizarea prin fierbere, fiind dependentă de gradul de suprasaturare, temperatură, vâscozitatea masei, suprafața cristalelor și de natura și concentrația impurităților.

Răcirea masei în malaxoare ar trebui făcută astfel ca suprasaturația să se mențină constantă pe toată durata cristalizării. În practică fiecare masă supusă răcirii are o curbă specifică de răcire, respectându-se o cădere de temperatură de 1,5-2 °C pe oră, iar pentru reducerea duratei de staționare se poate merge până la 2,5 °C pe oră. Dacă se ține cont de temperatura inițială a masei supuse cristalizării suplimentare, timpul de răcire este de minim 40 ore.

11.4. Uscarea, condiționarea și depozitarea zahărului

Zahărul obținut de la centrifugare conține umiditate între 0,5 și 2,5 % (0,5 când se aplică albirea cu apă și abur, iar 2 % în cazul albirii cu apă fierbinte), umiditatea scăzând cu creșterea granulației.

Problematica uscării și condiționării zahărului a apărut din nevoia ca acesta să fie depozitat și păstrat până la comercializare, în condiții de calitate precum: umiditate de 0,02-0,04 %, răcit la temperatura de 25 °C, să nu conțină praf de zahăr sau zahăr invertit iar pH-ul să fie de 8,5-9.

Uscarea zahărului. Umiditatea zahărului centrifugat este legată fizic sub trei forme:

- umiditatea liberă, se găsește în siropul ce înconjoară cristalele de zahăr, fiind ușor de îndepărtat;
- umiditatea legată, formată dintr-un film de sirop suprasaturat la suprafața cristalelor, împiedică când moleculele de zahăr să se integreze în structura cristalului și fiind greu de înlăturat;
- umiditatea internă, formată din grupe de molecule de sirop incluse în structura cristalului și care poate fi pusă în evidență prin creșterea umidității aerului la măcinarea zahărului.

Îndepărtarea umidității libere se realizează prin uscarea zahărului cu aer cald (cu umiditate medie relativă sub 50 %), iar o parte a umidității legate prin alimentarea silozurilor de depozitare cu aer condiționat.

Uscarea realizează trecerea apei prin difuzie de la zahărul umed la aerul cald, operația fiind executată în uscătoare-răcitoare tip turn, cu discuri etajate, cu tambur, cu turbină sau în strat fluidizat.

Cernerea zahărului. În vederea obținerii unui aspect îmbunătățit, dar și pentru a corespunde mai bine scopului pentru care a fost obținut, zahărul uscat și răcit este trecut peste un electromagnet ce reține impuritățile feroase, după care se separă prin cernere în diferite fracții granulometrice.

Sitele utilizate au dimensiunea ochiurilor de 0,3-0,7 mm pentru cristale fine, 0,7-1,5 mm pentru cristale mijlocii și 1,5-3 mm pentru cristale mari. Pentru a obține o separare bună sitele trebuie alimentate continuu și uniform, astfel ca stratul de zahăr de pe site să nu fie prea gros.

Cernerea zahărului este o operația care determină formarea unei mari cantități de praf de zahăr, separarea și recuperarea lui efectuându-se pe cale uscată (de obicei în filtre cu saci) sau pe cale umedă (în hidrocioloane).

Depozitarea zahărului. Păstrarea zahărului o perioadă mai îndelungată de timp se face în vrac, în silozuri de mare capacitate sau ambalat (în saci de iută, hârtie, pachete), în magazii. Cea mai mare parte a zahărului se păstrează în silozuri prevăzute cu sisteme de condiționare a aerului din celule. Astfel, aerul uscat și încălzit vine în contact direct cu zahărul (prin insuflare pe la partea inferioară a celulei sau prin absorbție pe la partea superioară) sau indirect, prin intermediul unui fascicol de țevi prevăzute în interiorul celulei de depozitare.

În magazinele zahărul se păstrează ambalat de preferință în saci de hârtie, care asigură o mai bună protecție la umezeală și mirosuri, comparativ cu sacii de iută, condiționarea aerului fiind și aici necesară.

11.5. Prelucrarea zahărului brut din trestia de zahăr

Zahărul brut este obținut din tulpinile de trestie de zahăr în urma extracției și cristalizării siropului. Acesta conține multe impurități și pentru obținerea zahărului de calitate este necesară purificarea și rafinarea lui.

O primă etapă o constituie purificarea calco-carbonică a clerei obținute din zahărul brut, după schema din figura 11.21.

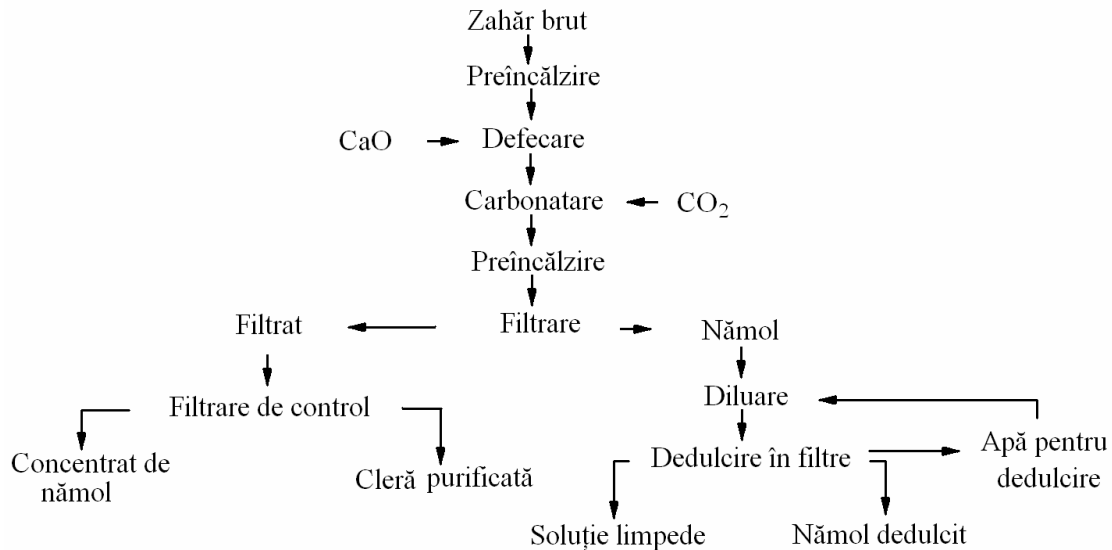


Fig. 11.21. Schema tehnologică de purificare calco-carbonică a clerei

Tratarea clerei cu lapte de var urmărește distrugerea acelor substanțe reducătoare, precum și a amidelor, facilitând absorbția substanțelor colorante de către carbonatul de calciu, dar măbind în același timp stabilitatea termică a clerei în fazele de concentrare. După carbonatare până la un pH de 8,3-8,5, clera este lăsată câteva minute pentru definitivarea reacțiilor chimice, apoi preîncălzită este trecută la filtrare, iar după trecerea printr-un filtru de control se obține clera purificată. Întrucât nu se pot elimina toate substanțele colorante, înainte de rafinarea efectivă clera trebuie decolorată.

Rafinarea zahărului brut din trestie de zahăr se face în patru etape de fierbere și cristalizare, în două variante tehnologice care prelucrează zahăr brut de calitate superioară și zahăr brut de calitate inferioară. Schema tehnologică de rafinare a clerei purificate este prezentată în figura 7.22.

Decolorarea clerei se poate realiza prin filtrarea pe cărbune animal, cu rășini schimbătoare de ioni sau filtrare pe strat de carbarafin și kieselgur.

Modul de desfășurare a procesului de fierbere și cristalizare a zahărului din trestie de zahăr sunt prezentate în figurile 11.23....11.26.

Conform tehnologiei de fierbere și cristalizare în patru trepte, zahărul rafinat se obține de la treapta I, în timp ce melasa se obține la treapta a IV-a. Zahărul produs I afinat la centrifugă are o puritate de 97,5 % și 98⁰ Brix, zahărul produs II afinat puritate de 93 % și 98⁰Brix, în timp ce melasa are o puritate de 59 % și 82⁰Brix.

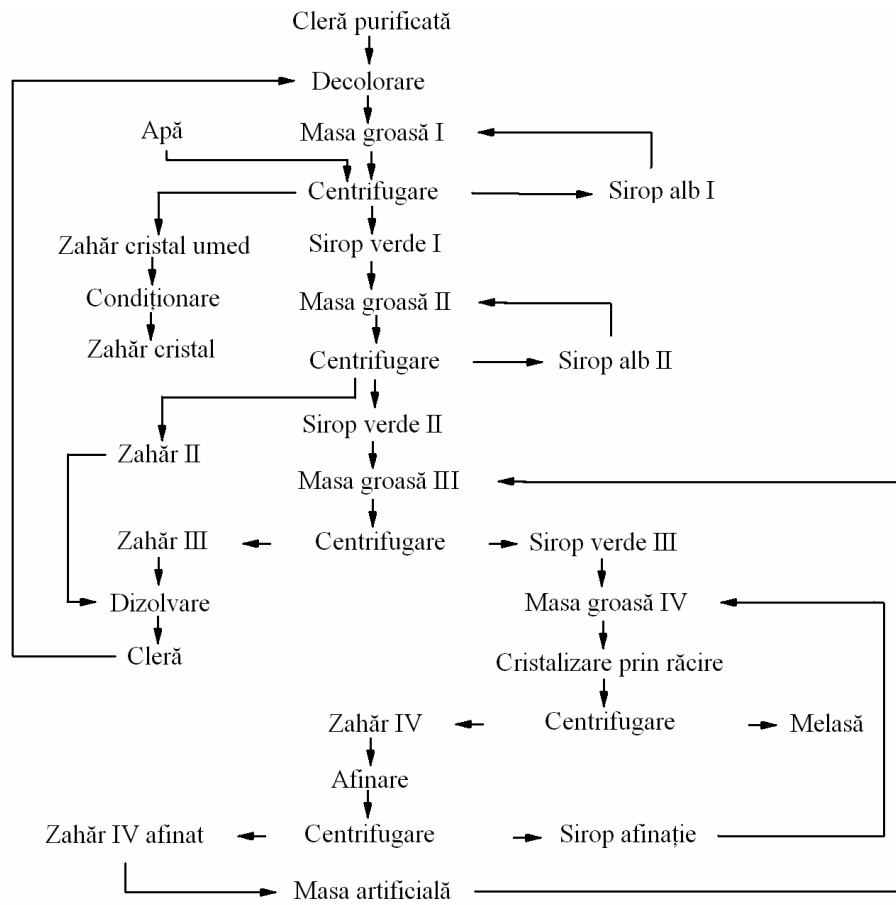


Fig. 11.22. Schema tehnologică de rafinare a clerei purificate

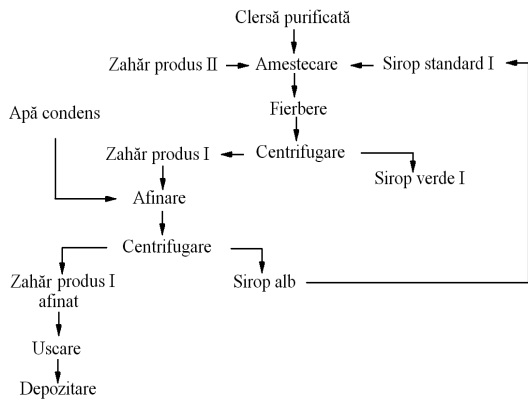


Fig. 11.23. Fierbere și cristalizare treapta I

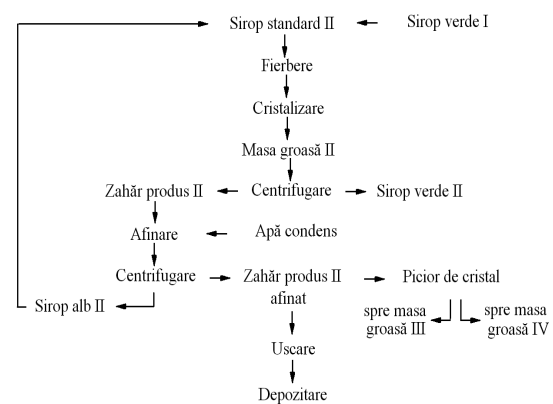


Fig. 11.24. Fierbere și cristalizare treapta II-a

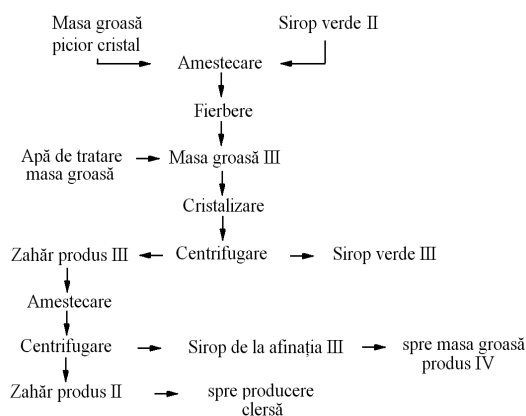


Fig. 11.25. Fierbere și cristalizare treapta III-a

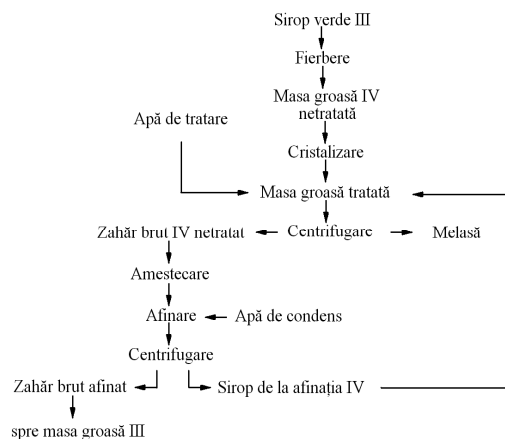


Fig. 11.26. Fierbere și cristalizare treapta IV-a

În urma prelucrării se obține zahărul rafinat, cunoscut sub denumirea de zahăr de calitate tip sau standard, ale cărui caracteristici sunt stabilite prin norme ce limitează umiditatea la maxim 0,06 %, substanțe reducătoare sub 0,04 % și maxim 22 Puncte Europene (se referă la conținutul în cenușă, colorația în soluție și tipul de culoare).

11.6. Valorificarea produselor secundare din industria zahărului

În urma prelucrării sfeclei de zahăr rezultă o cantitate mare de produse secundare precum borhotul de tăiței epuizat de la extracție, melasa ca sirop intercrystalin de la cristalizarea zahărului sau nămolul de la filtrarea zemii defecate și carbonatate.

Borhotul de tăiței, umed, presat, presat și uscat, constituie un subprodus bogat în substanțe azotate și neazotate, fiind un furaj foarte bun pentru hrana animalelor. În unele cazuri, din borhot se mai extrage pectină sau clei pectinic.

Nămolul de la filtre, concentrat și uscat în uscătoare cu vid, conține peste 70 % CaCO_3 fiind folosit ca amendament la corectarea acidității solului sau îngrășământ mineral.

Melasa rezultată de la centrifugare se prezintă ca un lichid vâscos, brun la culoare și cu 80-85 % substanță uscată. Cu toate treptele de fierbere-cristalizare a masei groase, substanța uscată din melasă conține 55-60 % zaharoză, 14-15 % substanțe azotate, substanțe pectice, acizi, substanțe colorante, săruri minerale. Ca urmare a compoziției sale, melasa se folosește ca materie primă la fabricarea spirtului (vezi Cap. VI), la obținerea drojdiei de panificație, a acidului citric și a acidului lactic.

Melasa după separare se păstrează în tancuri metalice închise, prevăzute cu circuite de încălzire-răcire pentru menținerea unei temperaturi controlate, după ce au fost igienizate și dezinfectate cu soluție de formol. În acest fel se evită orice tendință de fermentare a zahărului din melasă sub acțiunea eventualelor microorganisme.

Fabricarea drojdiei de panificație se realizează după o schemă tehnologică complexă (fig. 11.27), prin care se multiplică succesiv, pe suportul nutritiv alcătuit din melasă, săruri, aer steril culturi de drojdii selecționate din familia *Saccharomices cerevisiae*.

Pe lângă melasă și cultura de drojdie selecționată, în procesul tehnologic se mai folosesc materiale auxiliare sub formă de săruri nutritive și de corectare a unor indicatori fizico-chimici (sulfatul de amoniu, soluție de amoniac, fosfatul diamoniacal tehnic, acidul ortofosforic, clorura de potasiu, sulfatul de magneziu, clorura de magneziu, superfosfatul de calciu, acidul sulfuric diluat), substanțe biostimulatoare pentru drojdii (extractul de porumb, autolizatul de drojdie, radicele de malț), apă cu duritate mică și substanțe antispumante (împiedică formarea spumei la multiplicarea drojdiei sau dispersează spuma formată).

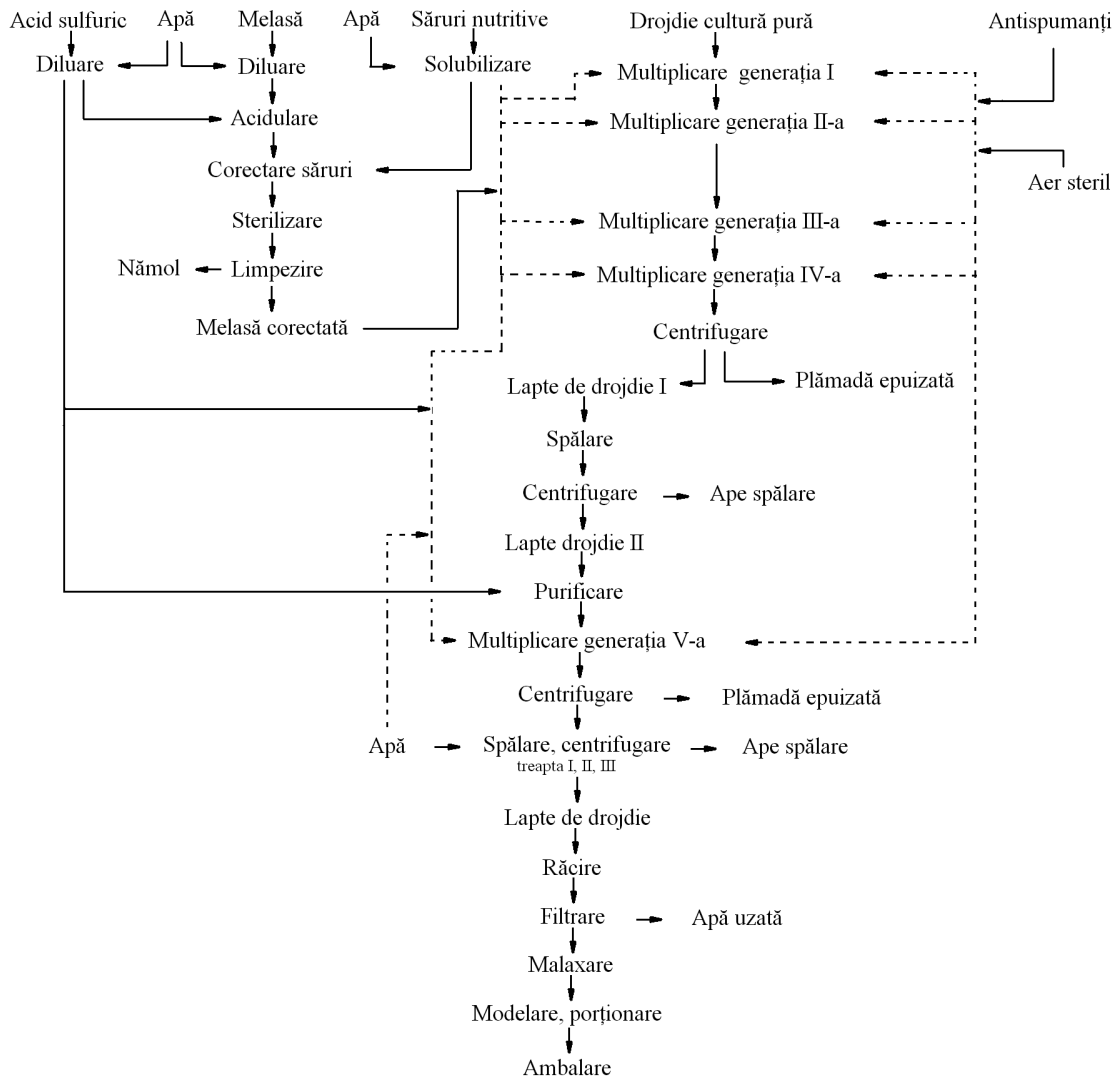


Fig. 11.27. Schema tehnologică de obținere a drojdiei de panificație

Cultura de drojdie pură selecționată se multiplică în laborator în două etape I și II, după care în etapele III și IV se obține cultura tehnic pură, ce se separă în laptele de drojdie I. După spălare și separare a apelor de spălare se obține laptele de drojdie II care, purificat cu soluție de acid sulfuric trece la ultima multiplicare a drojdiilor, de generația V-a. Urmează un șir de operații de spălare și separare prin centrifugare a laptelui de drojdie de apele de spălare, în final acesta este răcit, supus unei ultime filtrări, malaxat și modelat. Ultima operație este ambalarea drojdiei în forma în care se regăsește în comerț.

Obținerea drojdiei de panificație uscată se realizează din laptele de drojdie supus operației de granulare, uscarea granulelor cu aer cald și ambalarea în materiale ce nu permit contactul cu mediul exterior.

Melasa este materia primă la obținerea acidului citric, a cărei schemă tehnologică este prezentată în figura 11.28. După diluare melasa este tratată cu acid fosforic, sulfat de zinc și ferocianură de potasiu, în vederea asigurării suportului necesar dezvoltării sporilor și după sterilizare este supusă fermentării cu spori de *Aspergillus niger*.

Din leșia de fermentare rezultată se separă miceliu de mucegai și după tratamente cu lapte de var și acid sulfuric, în scopul precipitării sulfatului de calciu, rezultă o soluție de acid citric impură.

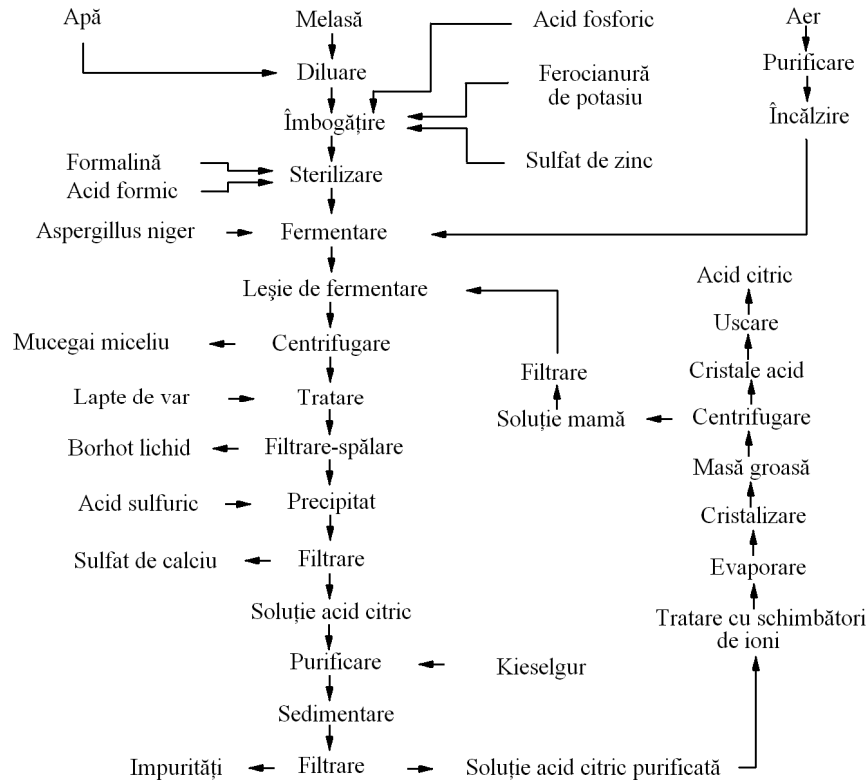


Fig. 11.28. Schema tehnologică de obținere a acidului citric din melasă

Purificarea soluției de acid citric se face cu pământ de kieselgur, care absoarbe particulele în suspensie și coloidale ce sedimentează, iar prin filtrare se obține o soluție purificată. Urmează decolorarea prin tratarea cu schimbători de ioni, concentrarea soluției până la cristalizare, separarea soluției mamă care, se amestecă cu leșia de fermentare în vederea epuizării ei, cristalele de acid citric fiind supuse uscării și ambalării.

Acidul lactic se obține prin fermentarea zaharozei din melasă de către bacterii lactice din familia *Lactobacillus delbrückii*. În timpul fermentației se adaugă carbonat de calciu care transformă treptat acidul lactic în lactat de calciu (deoarece acumularea de acid lactic duce la oprirea fermentației), iar prin tratare cu acid sulfuric în final se obține acidul lactic.

XII. TEHNOLOGIA ULEIURILOR VEGETALE

Prin rolul și importanța lor, uleiurile și grăsimile vegetale își găsesc întrebuințare atât în alimentație, cât și ca materii prime pentru diferite industrii.

În urma prelucrării materiilor prime, în fabricile de ulei se obțin ca produse finite uleiuri comestibile, uleiuri tehnice, uleiuri hidrogenate, uleiuri interesterificate și margarină. Dintre uleiurile comestibile și tehnice fabricate în țara noastră, cele mai importante sunt de floarea-soarelui, soia, rapiță, in, germeți de porumb și ricin, principalele proprietăți fizico-chimice ale acestora fiind prezentate în tabelul 12.1.

Tabelul 12.1. Proprietățile fizico-chimice ale principalelor uleiuri vegetale

Sortimentul	Densitatea la t °C kg/m ³	Indicele de refracție, la t °C	Vâscozitatea la 20 °C, °E	Punctul de topire °C	Indicele de iod
Ulei de floarea soarelui	920-925 la 15 °C	1,4742-1,4748 la 15 °C	12-13	-16....18	119-135
Ulei de soia	922-934 la 15 °C	1,4742-1,4487 la 25 °C	8-9	-20....23	114-140
Ulei de germeți de porumb	921-926 la 15 °C	1,4689-1,4736 la 15 °C	9-11	-11	111-130
Ulei de rapiță	910-924 la 20 °C	1,1710-1,4729 la 25 °C	17-18	-9	64-122
Ulei de in	920-936 la 20 °C	1,4729-1,4851 la 25 °C	7-8	-20	168-205
Ulei de ricin	956-966 la 20 °C	1,470-1,4772 la 25 °C	16-17	-10....-12	80-90

Uleiurile vegetale sunt amestecuri naturale complexe din lipide simple (gliceride și ceruri), lipide compuse (fosfatide, sulfolipide) și substanțe rezultate din hidroliza primelor două categorii (alcooli, steroli, acizi grași, carotenoide, vitamine liposolubile), gliceridele reprezentând 97,5-99 % din materiile grase vegetale.

12.1. Materii prime și materiale auxiliare pentru obținerea uleiurilor vegetale

Ca materii prime la fabricarea uleiurilor vegetale se folosesc în special plante oleaginoase, la care se adaugă unele plante textil-oleaginoase (semințe de bumbac și cânepă) și produse secundare de la alte industrii (germeți de porumb, grâu și secară, semințe de legume și fructe, sâmburi de fructe și struguri).

Semințele plantelor oleaginoase sunt formate din miez și coajă. Miezul este alcătuit din embrion compus din gemulă și două cotiledoane, precum și un strat hrănitor denumit endosperm. Cotiledoanele și endospermul conțin baza de substanțe hrănitoare și ulei, în proporții ce diferă după natura semințelor. Coaja sau pericarpul are structura caracteristică fiecărui tip de sâmbură, reprezentând 7-28 % din masa acesteia.

Celulele semințelor au dimensiuni mici, între 340 μm² și 1873 μm², celula tipică fiind alcătuită dintr-un înveliș celular de grosime mică, în interiorul căruia se găsesc oleoplasma îmbibată cu ulei, protoplasma sau citoplasma care conține suportul pentru uleiul dispersat uniform, granulele aleuronice (corpuri solide de origine proteică), nucleul celular, precum și alte substanțe de bază ale celulei.

Din analiza compoziției principalelor materii prime oleaginoase (tabelul 12.2) se observă că la toate conținutul în substanțe grase este mare, natura lipidelor fiind caracteristică provenienței materiei prime.

La fabricarea uleiurilor vegetale se folosesc o serie de materiale auxiliare care sunt în principal următoarele:

Tablul 12.2. Compoziția fizico-chimică a materiilor prime oleaginoase

Materia primă	Coajă %	Umiditate %	Ulei brut %	Proteine %	Substanțe neazotate %	Celuloză %	Cenușă %
Floarea-soarelui	14-28	9-11	44-48	18-20	10-15	14-18	2-3
Soia	7-12	11-13	17-19	33-36	20-23	3-6	3-5
In de ulei	4-6	9-11	35-38	25-27	20-23	4-5	3-4
Rapiță	4-6	6-8	23-42	25-28	17-20	4-6	3-5
Ricin	22-25	6-9	44-52	14-18	15-17	15-18	2-4
Germeți de porumb	-	10-11	20-30	25-28	28-30	4-6	3-4

- ▶ dizolvanți sau solvenți pentru extragerea uleiurilor: benzina de extracție este principalul dizolvant, pe lângă care se mai folosesc flugenul, n-hexanul sau R 113;
- ▶ soda caustică sau hidroxidul de sodiu, utilizată la neutralizarea acizilor grași liberi din uleiul brut;
- ▶ acid sulfuric, utilizat la dezmucilaginarea și la scindarea săpunului de la rafinarea alcalină;
- ▶ materiale decolorante: pământuri decolorante, cărbune decolorant, silicagel, oxid de aluminiu;
- ▶ materiale filtrante: țesătură de bumbac, in, iută, celofibră, polivinil, poliamidă, kieselgur, cristaltheorit.

12.2. Obținerea uleiului brut

Uleiul vegetal brut se obține prin presarea materiilor prime oleaginoase, denumit și ulei brut de presă și prin extracție cu solvenți din materialul presat sau nepresat, denumit și ulei brut de extracție.

Fabricile care obțin ulei brut prin presarea materiilor prime oleaginoase au în fluxul de fabricație utilaje de mare capacitate, fapt ce permite mecanizarea completă a operațiilor și randamente ridicate. Principalele operații tehnologice sunt prezentate în figura 12.1. iar dispunerea utilajelor din fluxul de fabricație este ilustrat în figura 12.2.

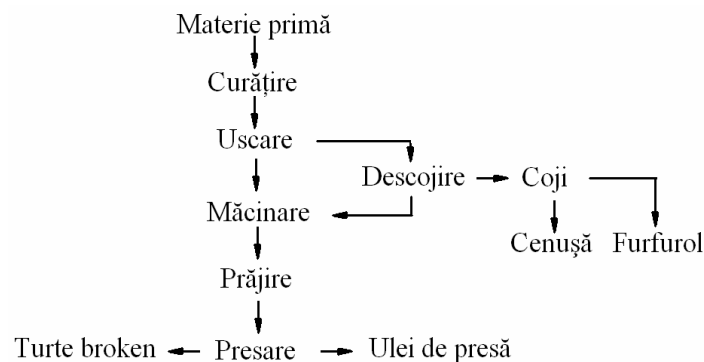


Fig. 12.1. Schema tehnologică de obținere a uleiului de presă

Curățirea semințelor. În masa de semințe se pot găsi multe impurități metalice, particule de sol, pleavă, paie, semințe seci, spărturi sau semințele altor plante. Curățirea semințelor se poate face înainte de depozitare (precurățire) sau la trecerea în procesul de prelucrare (post-curățire) și constă în:

- separarea după mărime, cu site;
- separarea după diferența de masă, pe baza vitezei de plutire;
- separarea impurităților feroase, cu magneți naturali sau electromagneți.

Praful și impuritățile ușoare absorbite de ventilatoarele mașinilor de curățat sunt captate în cicloane uscate sau umede (hidrocicloane) și în filtre cu saci.

Uscarea semințelor este necesară atât în timpul depozitării, cât și înainte de prelucrare, o umiditate mai mare decât cea optimă având două efecte:

- efectul direct: se intensifică procesul de hidroliză sau crește aciditatea semințelor;
- efectul indirect: declanșează unele procese biologice ce duc la degradarea semințelor.

Îndepărtarea apei din semințe se face pe cale mecanică, dar mai ales termică, cu agenți la temperaturi apropiate sau sub punctul de fierbere a apei. În industria uleiurilor vegetale uscarea semințelor se realizează pe cale naturală (prin lopătare, prefirare sau aerare) sau pe cale artificială, în instalații de uscare.

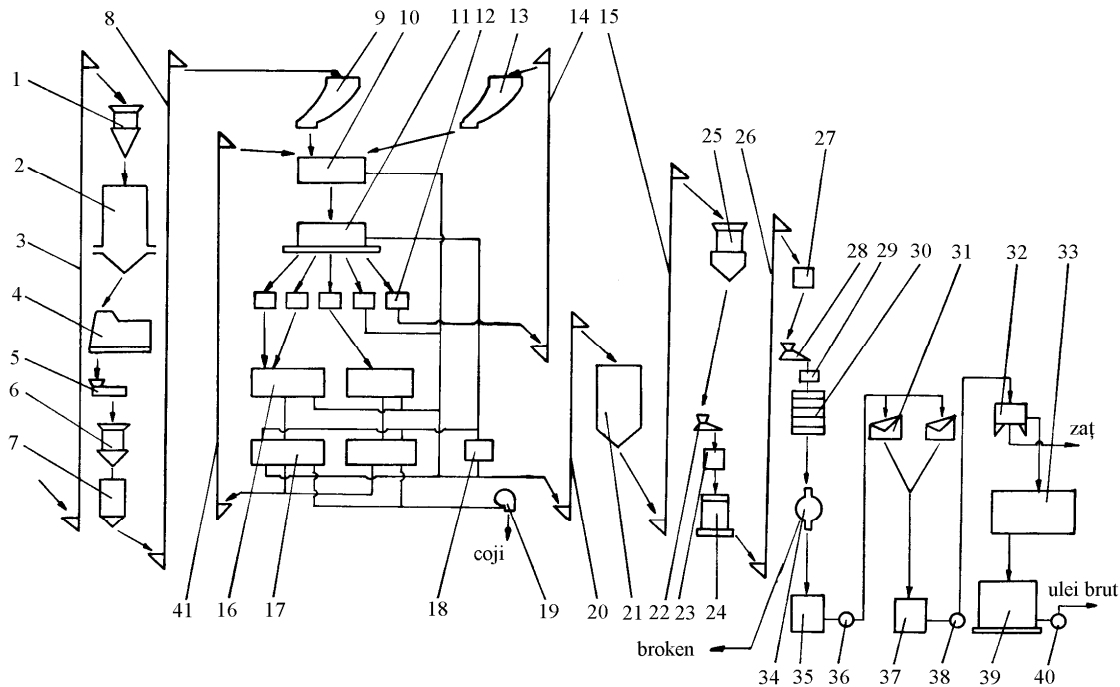


Fig. 12.2. Schema liniei tehnologice de obținere a uleiului brut de presă: 1,6,25- cântare cu cupă; 2,7,21- buncăr; 3,8,14,15,20,26,41- eleeatoare; 4- curățitor semințe; 5,22,28- electromagneți; 9,13- tobe de spargere; 10- site plane; 11- separator pneumatic; 12,23,27,29- transportoare; 16,17- mașini de control; 18- filtru cu saci; 19- suflantă coji; 24- valț; 30- prăjitoare; 31- site vibratoare; 32- separator de zaț; 33- rezervor basculă; 34- presă mecanică; 35,37,39- colectoare ulei; 36,38,40- pompe.

La uscarea semințelor se folosesc ca agenți termici gazele de ardere (încălzesc semințele și absorb o cantitate de vapori de apă, până la atingerea gradului de saturare), aerul cald sau aburul de joasă presiune (încălzește suprafața semințelor provocând uscarea).

Semințele oleaginoase fac parte din categoria substanțelor higroscopice, caracterizate printr-o umiditate de echilibru și care este influențată de temperatura și umiditatea relativă a aerului. Uscarea acestora, în condiții de temperatură și presiune constante, decurge în trei faze distincte (fig. 12.3).

Într-o primă etapă are loc evaporarea apei de pe suprafața semințelor, când viteza de evaporare este constantă (A-B) și se datorează difuziei apei dinspre interior spre suprafața semințelor.

În etapa a doua difuzia apei scade, conținutul de apă din semințe fiind mai mare decât umiditatea de echilibru, viteza de evaporare scade (B-C). Din punctul C începe ultima fază a uscării, când viteza de evaporare scade până la zero, situație în care se atinge starea de echilibru a umidității

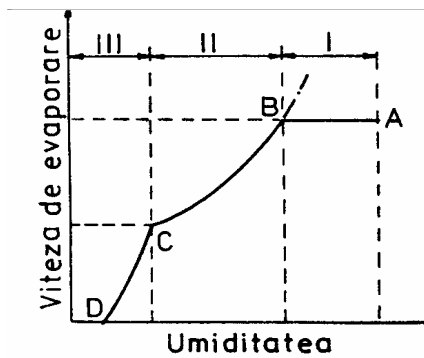


Fig. 12.3. Uscarea materialelor higroscopice uscarea cu viteza agentului prin masa de semințe.

Descojirea semințelor. În coaja semințelor oleaginoase conținutul de ulei este foarte redus (cca. 0,5-3 %), în schimb se găsește un procent ridicat de celuloză, motiv pentru care coaja se îndepărtează înainte de prelucrare, contribuind la creșterea productivității utilajelor, scăderea uzurii acestora (coaja, prin bioxidul de siliciu pe care îl conține, este un material abraziv), reducerea pierderilor de ulei în șrot (coaja absoarbe ulei) și la îmbunătățirea calității șrotului prin reducerea conținutului în celuloză greu asimilabilă.

Cu toate acestea coaja este îndepărtată doar parțial, prezența ei în procesul de presare având rolul de a ușura separarea uleiului din masa măcinată și de a evita formarea pungilor cu ulei în turtele rezultate la presare.

Operația de descojire se desfășoară în două faze: spargerea și detașarea cojii de miez, respectiv separarea cojilor din masa rezultată.

Spargerea și detașarea cojilor de miez se poate realiza prin mai multe procedee:

- prin lovire: se aplică la semințele de floarea-soarelui, bumbac și germeni de porumb uscați, prin lovirea semințelor în repaus cu ajutorul unor palete sau proiectarea lor către un perete fix, pentru creșterea eficacității cele două procedee combinându-se:

- prin tăiere: presupune trecerea semințelor printre două discuri cu rifluri care se rotesc în sensuri opuse, distanța dintre discuri fiind reglabilă;

- prin strivire: se trec semințele printre una sau mai multe perechi de cilindri acoperiți cu cauciuc, iar din cauza vitezei de rotație diferită a cilindrilor, asupra semințelor acționează forțe de comprimare, de frecare sau forfecare.

La separarea cojilor din masa descojită se au în vedere două metode: separarea după mărime (se realizează prin cernere pe site) și separarea după masa specifică (prin aspirarea lor de un curent de aer, știut fiind faptul că viteza critică de plutire a cojilor este mult mai mică decât a semințelor).

În urma operației de descojire rezultă două fracții a căror raport depinde de materia primă prelucrată și de caracteristicile utilajului folosit:

- miezul industrial, compus din miezul botanic și o cantitate de coajă necesară din punct de vedere tehnologic (la floarea-soarelui reprezintă 80-85 % din masa supusă prelucrării);

- coaja eliminată sau coaja industrială, compusă din coaja propriu-zisă și cca 0,4-1 % fragmente de miez antrenat (la floarea-soarelui reprezintă 15-20 % din masa prelucrată).

Măcinarea semințelor este operația tehnologică prin care materiile prime oleaginoase sunt mărunțite în particule de dimensiuni care, să permită ruperea și destrămarea membranei oleoplasmei celulare. Ca urmare, uleiul sub formă de picături libere fine se aglomerează și se elimină din structura intercelulară destrămată, fiind menținut în capilarele măcinăturii.

Atât tehnic, cât și tehnologic, operația de măcinarea este limitată, ajungând la 70-80 % celule destrămate, astfel că o parte din ulei rămâne în celule cu structură intactă, eliberarea lui din oleoplasmă fiind dificilă. Ca urmare a structurii morfologice specifică semințelor (coajă tare și miez mai moale), măcinătura obținută este neomogenă și neuniformă, soiul sau specia de proveniență având un rol determinant.

Viteza de uscare este un parametru care determină durata procesului de uscare și care, la rândul ei este influențată de o serie de factori precum:

- ▶ umiditatea inițială și finală a materiei prime; scade viteza de uscare dacă diferența dintre cele două umidități crește;

- ▶ temperatura de uscare; viteza crește cu temperatura, creștere limitată de posibilitatea degradării termice a semințelor;

- ▶ umiditatea inițială și finală a agentului termic de uscare;

- ▶ viteza agentului de termic, crește viteza de

uscarea cu viteza agentului prin masa de semințe.

Descojirea semințelor. În coaja semințelor

oleaginoase conținutul de ulei este foarte redus (cca. 0,5-3 %), în schimb se găsește un procent ridicat de celuloză, motiv pentru care coaja se îndepărtează înainte de prelucrare, contribuind la creșterea productivității utilajelor, scăderea uzurii acestora (coaja, prin bioxidul de siliciu pe care îl conține, este un material abraziv), reducerea pierderilor de ulei în șrot (coaja absoarbe ulei) și la îmbunătățirea calității șrotului prin reducerea conținutului în celuloză greu asimilabilă.

Cu toate acestea coaja este îndepărtată doar parțial, prezența ei în procesul de presare având rolul de a ușura separarea uleiului din masa măcinată și de a evita formarea pungilor cu ulei în turtele rezultate la presare.

Operația de descojire se desfășoară în două faze: spargerea și detașarea cojii de miez, respectiv separarea cojilor din masa rezultată.

Spargerea și detașarea cojilor de miez se poate realiza prin mai multe procedee:

- prin lovire: se aplică la semințele de floarea-soarelui, bumbac și germeni de porumb uscați, prin lovirea semințelor în repaus cu ajutorul unor palete sau proiectarea lor către un perete fix, pentru creșterea eficacității cele două procedee combinându-se:

- prin tăiere: presupune trecerea semințelor printre două discuri cu rifluri care se rotesc în sensuri opuse, distanța dintre discuri fiind reglabilă;

- prin strivire: se trec semințele printre una sau mai multe perechi de cilindri acoperiți cu cauciuc, iar din cauza vitezei de rotație diferită a cilindrilor, asupra semințelor acționează forțe de comprimare, de frecare sau forfecare.

La separarea cojilor din masa descojită se au în vedere două metode: separarea după mărime (se realizează prin cernere pe site) și separarea după masa specifică (prin aspirarea lor de un curent de aer, știut fiind faptul că viteza critică de plutire a cojilor este mult mai mică decât a semințelor).

În urma operației de descojire rezultă două fracții a căror raport depinde de materia primă prelucrată și de caracteristicile utilajului folosit:

- miezul industrial, compus din miezul botanic și o cantitate de coajă necesară din punct de vedere tehnologic (la floarea-soarelui reprezintă 80-85 % din masa supusă prelucrării);

- coaja eliminată sau coaja industrială, compusă din coaja propriu-zisă și cca 0,4-1 % fragmente de miez antrenat (la floarea-soarelui reprezintă 15-20 % din masa prelucrată).

Măcinarea semințelor este operația tehnologică prin care materiile prime oleaginoase sunt mărunțite în particule de dimensiuni care, să permită ruperea și destrămarea membranei oleoplasmei celulare. Ca urmare, uleiul sub formă de picături libere fine se aglomerează și se elimină din structura intercelulară destrămată, fiind menținut în capilarele măcinăturii.

Atât tehnic, cât și tehnologic, operația de măcinarea este limitată, ajungând la 70-80 % celule destrămate, astfel că o parte din ulei rămâne în celule cu structură intactă, eliberarea lui din oleoplasmă fiind dificilă. Ca urmare a structurii morfologice specifică semințelor (coajă tare și miez mai moale), măcinătura obținută este neomogenă și neuniformă, soiul sau specia de proveniență având un rol determinant.

O umiditate normală conduce la o măcinătură pulverulentă și friabilă, cu capacitate mare de absorbție a uleiului în capilare, creșterea umidității determinând o înrăuțire a procesului de mărunțire și din care rezultă o măcinătură cleioasă, ce îngreunează fazele de prelucrare ulterioare.

Măcinarea produce și modificări structurale ale semințelor, prin faptul că, punând în libertate uleiul, se creează condiții favorabile oxidării lui, iar prin îndepărtarea stratului protector de coajă se intensifică procesele de respirație și fermentative. Toate acestea duc la scăderea stabilității măcinăturii, păstrarea ei sub această formă fiind limitată la intervale de timp foarte scurte.

La fabricile de ulei se supun măcinării atât semințele, cât și turtele broken rezultate de la presare, uneori fiind măcinat și șrotul obținut la recuperarea dizolvantului. Operația se realizează cu concasoare, valțuri sau mori cu ciocane.

Prăjirea măcinăturii este o operație de tratament hidrotermic cu amestecarea continuă, având ca scop unele transformări fizico-chimice și modificări ale structurii măcinăturii, în vederea obținerii de randamente maxime la presare, aceasta realizându-se:

- înainte de presare, când se aplică la măcinătura de materii prime;
- înainte de extracție, se aplică brokenului rezultat la presare (la extracția continuă) sau măcinăturii de materii prime, când aceasta se trece direct la extracție.

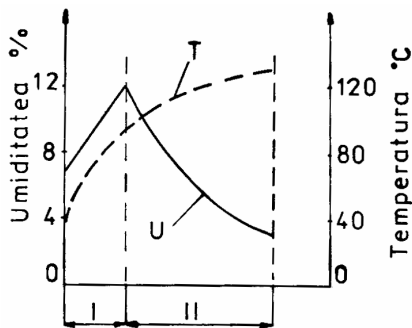


Fig. 8.4. Variație umidității și temperaturii în procesul de prăjire

În urma operației de măcinare uleiul se găsește sub două forme: absorbit de măcinătură și reținut la suprafața și în capilarele particulelor, respectiv în celulele nedeschise. Schimbarea acestei stări a uleiului se face în două faze: umectarea și uscarea măcinăturii (fig. 8.4).

Umectarea măcinăturii are ca scop separarea uleiului pelicular prin învingerea forțelor de suprafață care împiedică curgerea liberă a lui. Pentru aceasta se folosește apa care umectează mai bine suprafața măcinăturii și care, datorită tensiunilor superficiale la limita dintre lichid și solid mai mici decât a uleiului, anihilează forțele de suprafață eliberând uleiul, fenomenul fiind cunoscut sub denumirea de umectare selectivă.

Prin umezire și încălzire ușoară (faza I) particulele se îmbibă cu apă, își măresc volumul și împing uleiul din capilare spre exterior. În același timp celulele întregi în contact cu apa se umflă, iar la încălzirea ulterioară acestea se sparg, punând în libertate uleiul intracelular.

Uscarea măcinăturii (faza II). Încălzirea măcinăturii umectate determină modificări de natură fizică, chimică și biochimică, intensitatea lor depinzând de modul și temperatura de încălzire, umiditatea, viteza de evaporare și durata uscării.

Prin încălzire are loc o modificare a fazei lichide din măcinătură și care constă în scăderea vâscozității uleiului și a tensiunii superficiale a acestuia, iar apa se evaporă. Oxidarea uleiului cu formarea de peroxizi în timpul prăjirii este nesemnificativă.

Creșterea temperaturii provoacă în măcinătură și modificări chimice. Astfel, sub influența căldurii și umidității se schimbă structura coloidală a acesteia, substanțele proteice se denaturează iar structurile celulare sunt distruse, faza solidă devine elastică și afânată, favorizând scurgerea uleiului la presare.

Tot în faza de încălzire are loc o intensificare a activității enzimelor, determinând o creștere a acidității și descompunerea substanțelor proteice, activitatea enzimatică fiind redusă încet și apoi complet în faza a II-a, odată cu creșterea temperaturii peste 60-70 °C. În această fază a prăjirii se produce desfacerea conglomeratelor mari și tasarea particulelor, ca urmare a scăderii

umidității, denaturării termice a proteinelor și eliberării uleiului de pe suprafața particulelor. Prim mărirea masei hectolitrică în urma tasării sunt favorizate operațiile de presare sau extracție.

Tabelul 12.3. Parametrii procesului de prăjire la unele materii prime

Materia primă	Faza de umezire	Faza de uscare	
	Umiditatea %	Temperatura optimă °C	Umiditatea %
Floarea-soarelui	8,0-8,5	100-110	4,0-4,5
In de ulei	9-10	85-90	6,0-6,5
Rapiță	9-10	85-90	5,5-6,0
Ricin	13,5-14,5	105-110	4,5-5,5

Parametrii procesului de prăjire depind de natura materiei prime (tabelul 8.3), iar procesul trebuie supravegheat și corectat, pentru a menține parametrii în limita optimă pe toată durata sa.

Presarea măcinăturii este operația prin care se separă uleiul, ca fază lichidă, din măcinătură ca amestec solid-lichid. Prin procedeul de presare se separă 80-85 % din uleiul pe care îl conține masa de semințe măcinată, restul fiind obținut prin extracție cu dizolvanți. Astfel se supun presării doar materiile prime care conțin cel puțin 30 % ulei, restul fiind supuse direct extracției.

În urma presării se obține uleiul brut de presă și turtele de presare sau brokenul, constituit din pulpa semințelor și o parte din ulei.

Separarea uleiului din masa de măcinătură are loc sub acțiunea forțelor de compresie, procesul fiind asemănător filtrării prin capilare, definită de relația:

$$V = \frac{\pi \cdot p \cdot d^2}{128\eta \cdot l} t \quad (12.1)$$

în care V este volumul de lichid ce trece prin capilare, în m^3 ;

p - presiunea la care se face separarea, în N/m^2 ;

d - diametrul vasului capilar, în m^2 ;

l - lungimea vasului capilar, în m ;

t - durata de presare, în s ;

η - vâscozitatea dinamică a lichidului, în Ns/m^2 .

Din această expresie se poate observa că o creștere a volumului de ulei separat poate fi obținut prin creșterea presiunii, a diametrului capilarelor și a duratei de presare sau prin micșorarea lungimii capilarelor și a vâscozității uleiului.

Principalul factor este forța de presare, sub acțiunea căreia uleiul este expulzat din celulele deschise și din capilarele măcinăturii. Aceasta trebuie să crească treptat, pentru a evita, pe de o parte blocarea ieșirii uleiului din capilare, iar pe de altă parte antrenarea de particule care să înfunde capilarele.

Durata procesului de presare trebuie să fie suficientă pentru a permite scurgerea uleiului, în anumite condiții de lucru, o depășire a acesteia nu va duce la creșterea randamentului operației. Stabilirea duratei de presare pentru fiecare treaptă de lucru se poate face cu ajutorul relației:

$$t_{ir} = \frac{V_0 \cdot c_{ir}}{Q_v (1 + \beta_{ir})} \quad (12.2)$$

în care V_0 este volumul spațiului liber din treapta de presare, în m^3 ;

c_{ir} – gradul de presare a măcinăturii în treapta respectivă;

Q_v – debitul volumetric al măcinăturii, în m^3/s ;

β_{ir} – coeficient de corecție legat de cantitatea de măcinătură eliminată din presă împreună cu uleiul, până la treapta analizată.

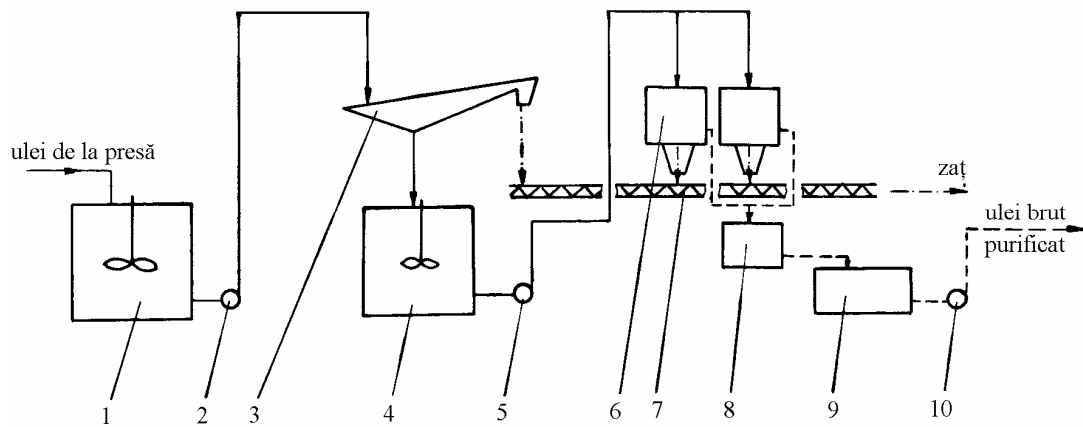


Fig. 12.5. Schema liniei clasice de purificare: 1,4- rezervoare cu agitatoare; 2,5,10- pompe; 3- sită vibratoare; 6- filtru presă; 7- transportor zaț; 8- rezervor basculă; 9- rezervor tampon.

Uleiul rezultat din presarea materiilor prime conține impurități mecanice și organice în suspensie, precum și urme de apă, ce trebuie îndepărtate întrucât prezența lor determină degradarea rapidă a uleiului.

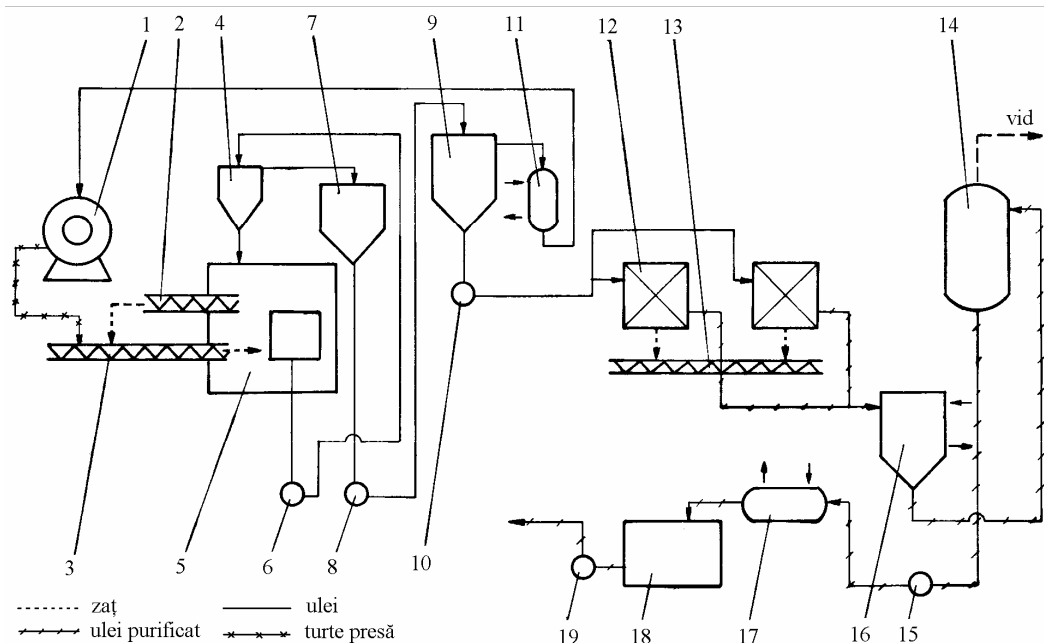


Fig. 12.6. Schema liniei de purificare îmbunătățită: 1- presă; 2,3,13- transportoare; 4- separator impurități; 5- separator zaț; 6,8,10,15,19- pompe; 7- rezervor; 9- rezervor cu agitare; 11,17- răcitoare; 12- filtru presă; 14- uscător; 16- colector ulei; 18- rezervor tampon.

Purificarea uleiului presupune separarea grosieră a resturilor de măcinătură antrenate de presă prin sedimentare, filtrare sau centrifugare, eliminarea apei în exces prin uscare și separarea impurităților fine prin filtrare. Pentru realizarea acestor operații se folosesc diverse scheme tehnologice, dintre acestea fiind prezentate schema clasică de purificare (fig. 12.5) și o schemă de purificare îmbunătățită (fig. 12.6)

Instalația clasică de purificare a uleiului de presă realizează o separare a impurităților grosiere cu ajutorul sitei vibratoare, iar a impurităților fine cu filtre presă, zațul fiind colectat și transportat la instalația de alimentare a prăjitoarelor. Ca urmare a contactului cu aerul pe o perioadă de timp relativ mare, uleiul riscă o oxidare cu formare de peroxizi, motiv pentru care se face și o răcire a uleiului de presă la temperaturi care să asigure o stabilitate corespunzătoare.

Ca urmare a creșterii moderate a regimului termic de purificare și a contactului mai redus cu aerul, schema îmbunătățită permite purificarea uleiului de presă cu o creștere lentă a indicelui de peroxid. Sita vibratoare este înlocuită printr-un separator de zaț prevăzut cu raclor în care are loc separarea celei mai mari părți a impurităților solide. După filtrare uleiul este supus uscării la temperaturi scăzute în instalații cu vid, în care se elimină apa în exces.

Uleiul de extracție este obținut de obicei din turtele de presare și mai rar din materii prime măcinate, prin dizolvarea sau solubilizarea acestuia într-un solvent, separarea din masa solidă și recuperarea din solvent, principalele operații din fluxul tehnologic fiind prezentate în figura 12.7.

Măcinarea turtelor. Pentru a realiza un proces de extracție optim, turtele rezultate la presare trebuie mărunțite la dimensiuni ale particulelor care să asigure dizolvarea întregii cantități de ulei existente. Măcinarea se execută în mori cu ciocane, cu discuri sau cu valțuri riflate, la dimensiuni ce depind de materia primă, după care particulele sunt condiționate hidrotermic într-un uscător-prăjitor și aplatizate, rezultând în final paiete sau fulgi, principalii parametri tehnologici fiind prezentați în tabelul 12.4.

În unele situații materialul măcinat este adus la extracție fără a mai fi supus aplatizării, caz în care mărunțirea trebuie să fie mai bună și cu cât mai puțin praf oleaginos. Acest lucru se realizează în condițiile unei temperaturi ridicate, când plasticitatea particulelor este mare. Măcinătura este răcită înainte de extracție la maxim 55 °C, evitându-se prin aceasta vaporizarea bruscă a solventului la contactul cu particulele fierbinți.

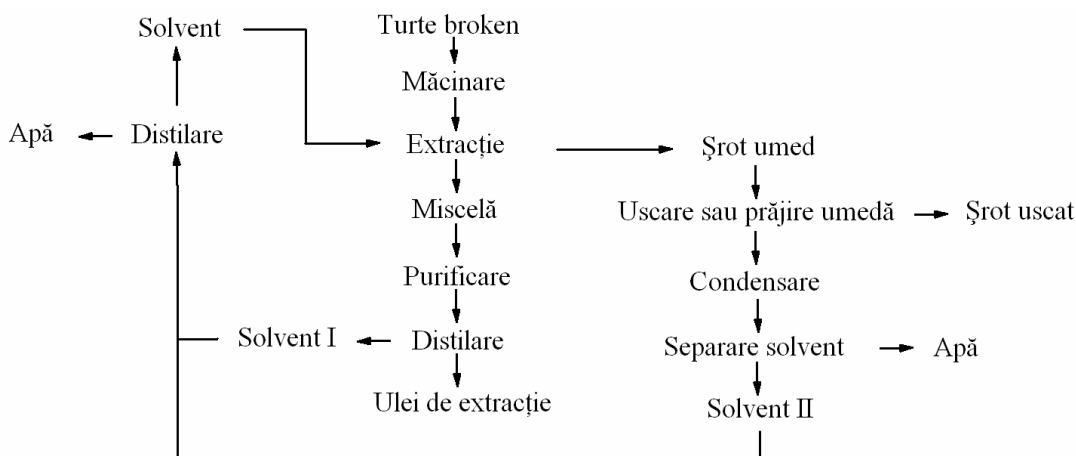


Fig. 12.7. Schema tehnologică de obținerea uleiului brut de extracție din turtele de la presare

Tabelul 12.4. Parametrii principali ai masei de extracție

Parametrul	Materia primă			
	Floarea-soarelui	In, rapiță	Soia	Germeni de porumb
Mărimea particulelor după măcinare, mm	3-5	5-7	max. 9	10-15
Grosime paiete obținute din particule, mm	0,3-0,4	0,3-0,6	max. 0,5	0,25-0,3
Umiditatea măcinăturii, %	8-9	6-7	8,5-9	6-7
Particule cu diametrul sub 1 mm, % maxim	10	10	10	10

Extracția uleiului cu solvenți. Uleiul se află sub trei forme în masa pregătită pentru extracție: în stare liberă pe suprafața particulelor, în stare legată prin forțele de suprafață, în porii particulelor și închis în celulele întregi, nedistruse anterior. El trece din faza lichidă în soluție printr-un proces de schimb de substanță, difuzia având un rol preponderent.

Transferul de substanță în cazul extracției uleiului este unul complex, cuprinzând atât difuzia moleculară, cât și difuzia convectivă, moleculele de ulei parcurgând trei etape distincte:

- ♦ difuzia moleculară a uleiului din interiorul particulei spre suprafața sa;

♦ difuzia moleculară a uleiului prin stratul de separare de la suprafața exterioară a particulei, la suprafața exterioară a solventului;

♦ difuzia prin convecție a uleiului de la suprafața solventului către miscela în mișcare.

Solventul utilizat în instalațiile de extracție din țara noastră este benzina de extracție. Benzina este mai ușoară decât apa iar vaporii de benzină sunt mai grei ca aerul, intervalul de fierbere fiind 70-95 °C la extracția discontinuă și 65-80 °C la extracția continuă.

Analiza extracției a dus la stabilirea parametrilor optimi de desfășurare a procesului:

- umiditatea măcinăturii, trebuie să fie cât mai mică deoarece benzina este o substanță hidrofobă;

- înălțimea stratului de material; cu cât este mai mică, cu atât durata procesului este mai mică, iar randamentul la extracție mai mare;

- viteza solventului; creșterea vitezei determină o mișcare turbulentă a solventului, asigurând o diferență de concentrație pe toată durata procesului;

- temperatura solventului; mărirea temperaturii crește energia cinetică a moleculelor și scăderea vâscozității solventului și uleiului, determinând creșterea sensibilă a vitezei de difuzie;

- gradul de destrămare al celulelor; este necesară o destrămare avansată obținută prin măcinare și prăjire și care asigură condiții optime de difuzie și solubilizare cu solvenți.

În condiții practice procesul de extracție se realizează dintr-o masă de particule și prezintă o serie de abateri de la modelul teoretic, deosebindu-se extracția din particule în suspensie aflate în strat, în stare de mișcare și extracția din particule în stare de imobilitate.

Pe lângă optimizarea parametrilor menționați anterior, procesul de extracție mai poate fi accelerat cu ajutorul ultrasunetelor, cu ajutorul pulsațiilor sau a vibrațiilor.

În timpul extracției din materia primă trec în miscelă ceruri, pigmenti, fosfatide, carotenoide, etc. Scăderea conținutului în ulei din șrot duce la înrăutățirea calității uleiului de extracție prin creșterea indicelui de aciditate, a culorii, a conținutului în substanțe nesaponificabile și fosfatide. Deoarece aptitudinea de rafinare a uleiului scade pe măsură ce scade conținutul de ulei din șrot, este necesar stabilirea unui raport optim între randamentul la extracție și cel de rafinare, respectiv temperatura și durata necesară distilării miscele.

Metode de extracție cu solvenți. Ca principiu de lucru pot fi folosite două metode de extracție, respectiv metoda macerării și metoda degresării succesive. Ambele metode realizează spălarea măcinăturii cu dizolvant într-un vas de tratament, în urma căreia uleiul din particule trece în miscelă.

În practica industrială se deosebesc trei moduri de prin care se face extracția:

- ▶ extracția simplă: constă într-un amestec intim al măcinăturii cu dizolvantul într-un vas, procesul decurgând lent până la atingerea concentrației de echilibru, moment în care fazele se separă; repetând de mai multe ori operația se face epuizarea avansată a materialului în ulei;

- ▶ extracția multiplă sau în trepte: folosește mai multe extractoare, dizolvantul și miscela trecând consecutiv prin ele și îmbogățindu-se treptat în ulei; procesul decurge continuu până la epuizarea materialului din primul extractor, urmează al doilea și așa mai departe, până la epuizarea materialului din ultimul extractor; urmează descărcarea șrotului și reîncărcarea extractoarelor cu material măcinat, procesul reluându-se;

- ▶ extracția continuă: dizolvantul circulă în contracurent cu materialul supus extracției, miscela mărindu-și treptat concentrația.

După principiul de funcționare instalațiile de extracție sunt prin imersie, când materialul oleaginos este scufundat cel puțin pe o zonă a instalației în solvent sau miscelă, respectiv prin percolare, când materialul oleaginos în mișcare se stropește cu solvent și miscelă care, străbătând materialul, se autofiltrează.

În ultimul timp și-au făcut apariția tipuri de aparate de extracție cu funcționare continuă, cu avantaje nete față de cele discontinue, două asemenea aparate fiind prezentate în continuare.

Extractorul cu bandă (fig. 12.8) este un aparat cu funcționare continuă pe principiul percolării, astfel că benzina și miscela sunt pulverizate în contracurent deasupra stratului de material. Măcinătura este distribuită uniform ca grosime (1-1,7 m) pe o bandă perforată și

acoperită cu pânză metalică filtrantă. Partea superioară a benzii este împărțită convențional în opt zone de stropire. Stratul de material este stropit cu benzină proaspătă și cu miscelă de diverse concentrații, colectată din zonele de stropire, astfel că este asigurat un circuit în contracurent al solventului în raport cu materialul.

Fiecare secție de stropire este urmată una de scurgere, în care stratul superior de măcinătură este afânat pe o adâncime de 100 mm, prin aceasta formându-se un taluz care separă secțiile de stropire cu solvent, refăcând permeabilitatea stratului superior de material.

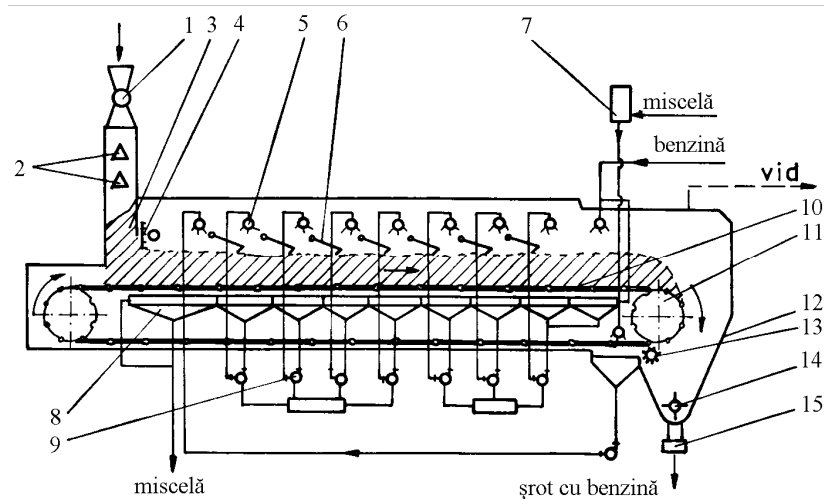


Fig. 12.8. Schema aparatului de extracție cu bandă: 1- ecluză; 2- dispozitiv de reglare automată a nivelului; 3- buncăr alimentare; 4- registru manual; 5- pulverizator; 6- greble afânare; 7- sifon; 8- tremii colectoare; 9- pompe; 10- bandă transportoare; 11- tambur antrenare; 12- buncăr de descărcare; 13- perie curățire bandă; 14- melc tăietor; 15- ecluză șrot.

La ultima treaptă de extracție materialul este stropit cu benzină proaspătă, prin care este epuizat în ulei, după care șrotul rezultat este evacuat iar banda este spălată puternic cu miscelă pe prima porțiune a ramurii inferioare.

Atât solventul, cât și miscela recirculată de la diferite zone sunt preîncălzite înainte de a fi trecute în rampa de stropire, separat în cazul solventului sau în tremiile colectoare în cazul miscelilor. Pentru a evita pierderile de solvent prin etanșeități sau ca urmare a vaporizării unei părți a acestuia, instalația lucrează la o depresiune slabă de cca. 1-3 mm col H₂O.

Asemenea aparate de extracție permit automatizarea întregului proces, putând realiza o concentrație a miscelii de 1,5 ori conținutul în ulei al materiei prime.

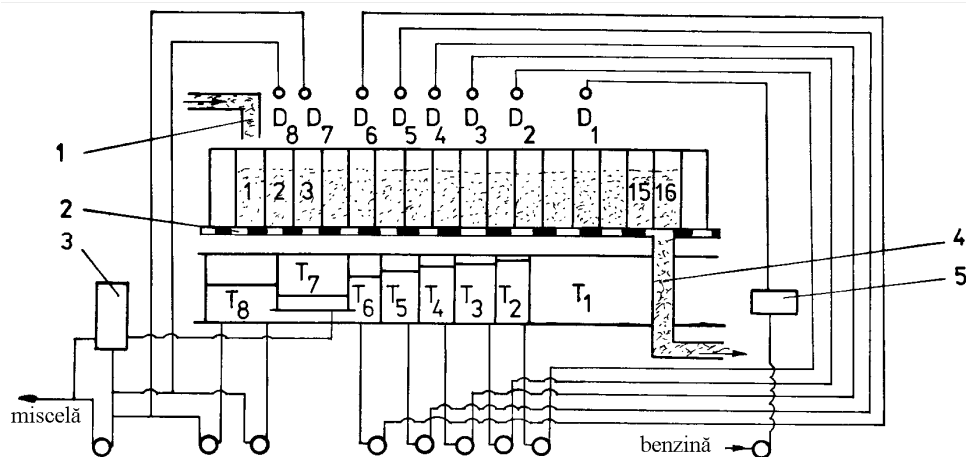


Fig. 12.9. Schema aparatului de extracție cu sită fixă: 1- gură alimentare; 2- sită; 3- vas cu control a miscelii; 4- evacuare șrot; 5- preîncălzitor solvent.

Extractorul rotativ cu sită fixă (fig. 12.9) are un rotor cu 16 celule, dispuse pe o sită fixă din oțel inoxidabil și care se încarcă cu material măcinat. Fundul celulelor se prezintă ca o rețea strecurătoare cu baghete metalice dispuse radial, printre care se scurge miscela care a percolat stratul de material.

Benzina proaspătă este preîncălzită și adusă la primul distribuitor, dispus pe porțiunea finală a procesului de extracție, epuizând materialul în ulei.

Recircularea misceleii se repetă la fiecare treaptă de extracție, miscela din ce în ce mai concentrată fiind adusă la distribuitorii $D_2 \dots D_8$, după colectarea în tremiile $T_2 \dots T_8$, cu ajutorul unor pompe. Miscela concentrată este colectată la tremia T_7 și, prin intermediul dispozitivului de control al nivelului, este trimisă la prelucrare.

Purificarea misceleii. Miscela rezultată din procesul de extracție este o soluție impură de ulei în solvent, prin faptul că ea conține și unele impurități mecanice sau organice. Impuritățile mecanice sunt alcătuite de obicei din fragmente de măcinătură și care măresc sedimentul din ulei, iar prin depunerea pe suprafața elementelor de încălzire ale aparatelor de distilare, determină scăderea coeficientului de transmitere a căldurii și mai apoi la închiderea culorii uleiului.

Purificarea misceleii se poate realiza prin decantare sau sedimentare, filtrare și centrifugare, metoda cea mai folosită fiind filtrarea. Filtrarea se poate realiza cu plase din sârmă de cupru sau pânză de sac, montată într-un recipient aflat pe circuitul de pompare a misceleii, fie folosind filtru cu plăci.

Purificarea misceleii este necesară întotdeauna atunci când instalațiile de extracție au un regim de circulare a misceleii cu viteze relativ mari, mai ales la măcinături care nu au fost supuse operației de aplatizare (de regulă paietele asigură autofiltrarea).

Distilarea misceleii are ca scop obținerea uleiului din miscelă prin separarea avansată a solventului, din motive economice recuperarea solventului trebuind să fie cât mai completă. Ca urmare, miscela purificată în prealabil este supusă distilării, în instalații care asigură într-o primă fază separarea benzinei și concentrarea în trepte a misceleii, în faza a doua fiind eliminate ultimele fracții de solvent, prin antrenarea cu abur direct și sub vid. În urma distilării se obține ulei brut de extracție care este răcit și depozitat sau trecut la instalațiile de rafinare.

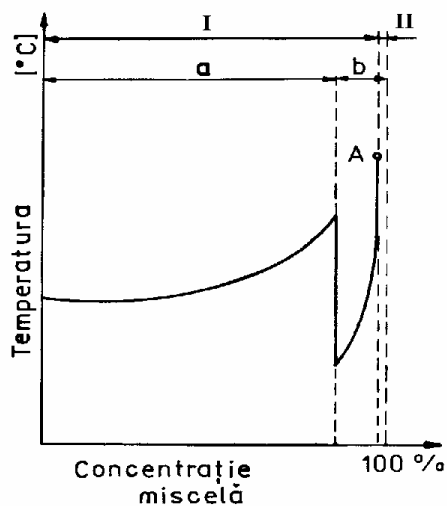


Fig. 12.10. Desfășurarea procesului de distilare a misceleii

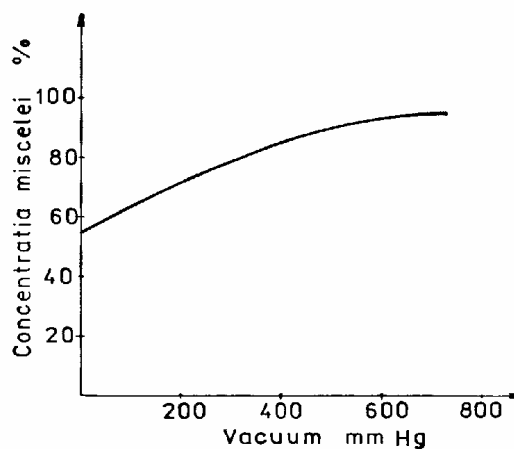


Fig. 12.11. Influența vacuumului asupra concentrației misceleii la distilare (concentrația inițială 15 %, temp. maximă a misceleii 95°C , durata distilării 15 min.)

Temperatura de distilare a soluției de ulei în dizolvant este mai mare decât cea a dizolvantului simplu și ea crește direct proporțional cu concentrația misceleii care, inițial variază între 14-35 %, în funcție de tipul de extracție. Modul de desfășurare a procesului de distilare a misceleii este ilustrat în figura 12.10. La o concentrație de 95-99 % temperatura de fierbere a

uleiului crește brusc, fapt ce poate produce o depreciere calitativă a uleiului, de aceea evaporarea ei se face la o depresiune de 30-40 mm col. H₂O. În acest mod temperatura maximă a distilării (punctul A) este mai mică decât temperatura de fierbere a uleiului cu concentrație de 100 %.

Principalele faze ale distilării sunt distilarea inițială sau eliminarea fracțiilor ușoare ale dizolventului și concentrarea prin fierbere a misceleii până la 80-85 % ulei, respectiv distilarea finală cu evaporarea dizolventului sub vacuum, de regulă la temperaturi mai mari decât cea la care fierbe miscela

Se deosebesc trei procedee de distilare, în funcție de starea în care se găsește dispusă miscela și modul cum se face încălzirea ei.

Distilarea misceleii în strat înalt, presupune fierberea unui strat cu grosimea de 200-600 mm, la care gradul de concentrare a misceleii depinde de mai mulți factori:

► gradul de eliminare a dizolventului: crește cu depresiunea din instalație (fig. 12.11), iar la distilarea preliminară durata maximă este limitată, după care eficacitatea procesului scade (fig. 12.12);

► crește cantitatea de dizolvent eliminat, ca de altfel și temperatura de aprindere a uleiului, pe măsură ce crește consumul de abur direct și se prelungește durata procesului (fig. 12.13 unde G_a și G_b sunt debitele de abur și benzină în unitatea de timp);

► grosimea stratului de material la care eficacitatea eliminării benzinei este optimă are valori între 35-60 mm, în afara acestora crește procentul de benzină remanentă în miscelă sau crește rezistența hidrostatică, înrăutățind parametrii transferului de substanță;

► creșterea temperaturii de distilare a misceleii peste 110-120 °C nu duce la o creștere a randamentului operației.

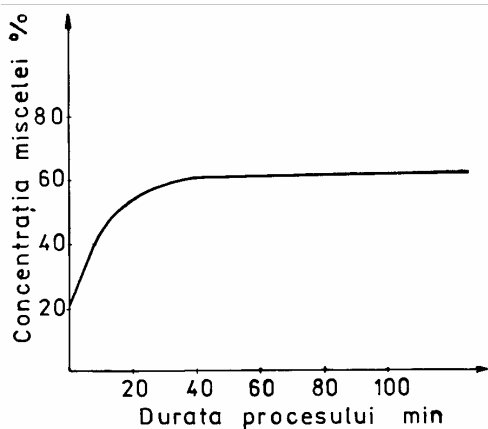


Fig. 12.12. Influența duratei distilării asupra concentrației misceleii :concentrația inițială 15 %, temp. max. miscelă 95 °C, presiune atmosferică

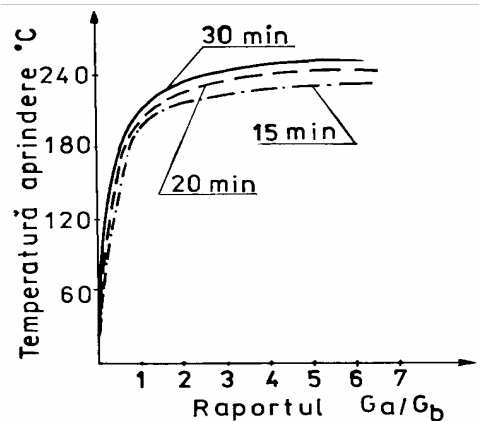


Fig. 12.13. Influența duratei distilării și consumului de abur asupra eficacității distilării: concentrația inițială 80 %, temp. ulei 115 °C, temp. abur 200 °C, presiune atmosferică

Distilarea în peliculă are loc atunci când grosimea misceleii este cu mult mai mică decât în cazul precedent, fiind determinată de temperatura de distilare, presiunea și debitul de abur direct, respectiv de presiunea remanentă (până la 450 mm col. Hg favorizând concentrarea misceleii, după care nu mai este economică). Prin acest procedeu se mărește productivitatea de două sau chiar de trei ori.

Creșterea consumului de abur direct determină o creștere a procentului de benzină eliminată din miscelă, valorile optime fiind în funcție de condițiile în care se desfășoară procesul, peste aceste valori consumul devenind neeconomic.

Gradul de eliminare a benzinei din miscelă este sensibil influențat de temperatura finală a uleiului și a aburului direct, dacă distilarea se execută la presiunea atmosferică, influența lor fiind mult atenuată dacă distilarea se face sub vid.

Distilarea prin pulverizare. Randamentul operației crește cu temperatura miscelelor pulverizate, atunci când miscela inițială are un conținut ridicat în benzină. Temperatura de distilare nu mai are aceiași influență și în cazul miscelelor cu 15-20 % benzină, iar peste 110 °C ea nu se mai justifică economic. De asemeni, se poate constata că pe măsură ce presiunea inițială a miscelelor pulverizate este mai ridicată, crește conținutul de benzină în miscela finală.

Recuperarea solventului din șrot. În materialul degresat, denumit șrot, după extragerea uleiului rămâne o cantitate destul de mare de solvent și care este cuprinsă între 25-30 %, în funcție de modul de desfășurare a procesului de extracție și de capacitatea de reținere a măcinăturii.

De regulă, în șrot solventul se găsește sub formă de fracții ușoare ce pot fi îndepărtate prin simpla încălzire a acestuia. Totuși o proporție mică de dizolvant este alcătuită din fracții grele iar la eliminarea lor se folosește abur supraîncălzit. Astfel, înainte de dezințare șrotul se umezește prin tratare cu abur care condensează, cedând căldura de vaporizare, după care adăugarea suplimentară de abur antrenează vaporii de solvent formați. Se produce o creștere semnificativă a umidității (poate ajunge la 20-25 %), fiind necesară o operație de uscare. Separarea solventului și a umidității are loc prin evaporarea la suprafață și prin difuzia acestora din interiorul particulelor către suprafață. La stabilirea regimului termic al dezințării trebuie ținut cont de faptul că temperaturile ridicate favorizează denaturarea substanțelor proteice din șrot și că la dezințare există pericolul autoaprinderii și exploziei instalației. Ca urmare, temperatura aburului nu va depăși 180 °C, iar cea a șrotului 115 °C, cu un conținut final de benzină de maxim 1 %.

Pentru a îmbunătăți calitatea șrotului provenit din materii prime oleaginoase, dezințarea este asociată cu o toastare sau prăjire umedă, având ca scop inactivarea unor substanțe cu efect antinutrițional. De exemplu, la șrotul de soia acestea sunt ureaza, factorul antitriptic, hemaglutinina, lipoxidaza, saponina, iar la șrotul de ricin ricina și ricinina. În momentul de față toate instalațiile de dezințare continue sunt prevăzute cu toaste, utilizând o umidificare mai mult sau mai puțin avansată, în funcție de materia primă prelucrată.

Vaporii de apă și benzină proveniți de la distilarea miscelelor și dezințarea șrotului se supun unui proces de condensare, urmat de o separare pe baza greutății specifice. Atât apa cât și benzina sunt aduse la parametrii tehnologici și sunt reintroduse în circuitul tehnologic de fabricație.

Schemele tehnologice ale instalațiilor de extracție cu solvenți sunt complexe și depind de tipul aparatului folosit. În figura 12.14 este prezentată schema liniei tehnologice a instalației de extracție a uleiului folosind extractorul rotativ cu sită fixă.

Materia primă o constituie turtele broken rezultate la presare sau semințele oleaginoase și care sunt depozitate în buncărul de alimentare 1. După o măcinare grosieră în grupul de valțuri 2, materialul este adus la temperatura de 60-70 °C în prăjitoarele 3 și transformată sub formă de paiete în aplatizorul 4, iar de aici în extractorul 11. Șrotul epuizat în ulei conține cca. 30 % benzină și este trecut în toasterul 13, unde este umezit la 19-20 % și apoi uscat la 12 % umiditate, iar de aici după răcirea în răcitorul 12 este trecut la depozitare sau la prelucrare.

Din rezervorul 16 benzina este adusă la extractor, după ce a fost preîncălzită la 55-60 °C în schimbătorul de căldură 6, iar miscela este recirculată în extractor de grupul de pompe 10. Miscela concentrată rezultată din extracție (conține până la 30 % ulei) este pompată la filtrul 5 și de aici la rezervorul 8, de unde, prin intermediul pompei 7 este trimisă la evaporatorul recuperator 24, încălzit cu vaporii de apă și benzină din toaster. Cu pompa 27 miscela semiconcentrată este adusă în cel de-al doilea evaporator 26, iar de aici cu pompa 28 este trimisă la partea superioară a instalației de distilare finală 29. Uleiul brut rezultat de la distilare este adus la temperatura de 40 °C în răcitorul 31, după care cu pompa 32 este trecut la rezervoarele de stocare sau la instalația de rafinare.

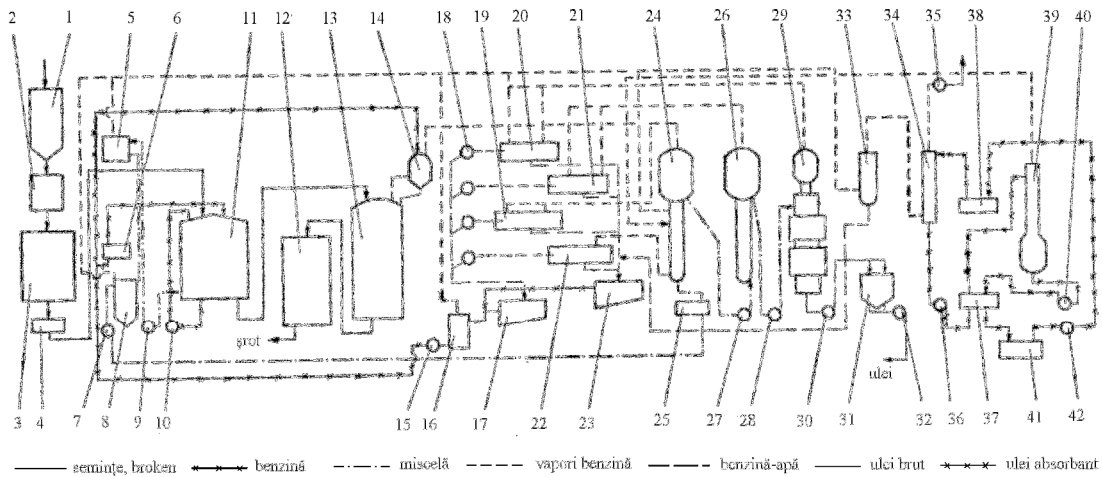


Fig. 12.14. Schema liniei tehnologice de extracție a uleiului folosind extractorul rotativ cu sită fixă

Vaporii de apă și benzină rezultați din toaster sunt trecuți la separatorul 14, unde sunt spălați cu solvent cald. Astfel purificați vaporii intră în camera de încălzire a evaporatorului 24, cedând cea mai mare parte a căldurii de vaporizare, iar de aici trec în condensatorul 22. Vaporii de benzină din evaporator se condensează în condensatorul 19, iar cei din evaporatorul 26 și coloana de distilare 29, în condensatoarele 21, respectiv 20. Fiecare condensator este conectat la câte o pompă de vid cu inel de lichid 18. Condensatoarele de suprafață sunt legate la separatorul apă-benzină 23 iar pompele de vid 23 la separatorul 17.

Colectarea vaporilor de benzină, abur și aer aspirat prin neetanșeități se face într-o coloană care le conduce la răcitorul 33, unde sunt condensate fracțiile foarte volatile, fracții care sunt aspirate în coloana de deflegmare prin absorbție în ulei 34, în contracurent cu uleiul de spălare, iar gazele necondensabile sunt trimise în atmosferă cu ajutorul ejectorului 35.

Uleiul de absorbție este trimis de pompa 36 în preîncălzitorul 37 și apoi în coloana de desorbție 39, unde se încălzește cu abur indirect și antrenează benzina cu abur direct. De la baza coloanei uleiul este preluat de pompa 40, trimis la schimbătorul de căldură 37 și apoi în rezervorul 41, de unde pompa 42 îl trimite prin răcitorul 38 în coloana de deflegmare 34, procesul fiind reluat.

12.3. Rafinarea uleiurilor vegetale

Datorită structurii materiilor prime și a procesului tehnologic de fabricație, uleiurile vegetale brute obținute prin presare și extracție nu sunt trigliceride pure, ele conținând 1-4 % substanțe de însoțire și care înrăutățesc calitatea uleiurilor. Din această categorie fac parte mucilagiile, acizii grași liberi, coloranți naturali, ceruri, substanțe odorizante, etc. Tot din categoria substanțelor de însoțire fac parte fosfatidele, vitaminele liposolubile și sterinele, prezența lor crescând valoarea alimentară a uleiurilor.

Prin îndepărtarea substanțelor dăunătoare se asigură ameliorarea unor caracteristici importante ale uleiului precum conservabilitatea, aciditatea liberă, gustul și mirosul, devenind apte de a fi folosite în scopuri alimentare sau tehnice. Procesul de rafinare trebuie să asigure pe de o parte eliminarea substanțelor care înrăutățesc calitatea uleiurilor, iar pe de altă parte trebuie să protejeze substanțele valoroase și să asigure pierderi minime în ulei.

În raport cu calitatea și domeniul de utilizare a uleiului, în practică se folosesc diverse metode de rafinare, fiecare dintre acestea având rolul principal de a îndepărta o anumită categorie de substanțe și care se pot grupa astfel:

♦ metode fizice de rafinare: sunt procese mecanice în care sunt incluse sedimentarea, centrifugarea, filtrarea, precum și procese termice specifice ca neutralizarea, distilarea și dezodorizarea;

♦ metode chimice de rafinare: includ neutralizarea alcalină, neutralizarea prin inter-esterificare, decolorarea chimică sau dezmucilaginarea prin hidratare;

♦ metode fizico-chimice de rafinare: rafinarea cu solvenți selectivi, decolorarea prin absorbție sau dezmucilaginarea prin hidratare.

Toate aceste metode de rafinare se regăsesc în diverse scheme de prelucrare, mai simple sau mai complexe, în funcție de destinația uleiurilor, majoritatea instalațiilor de rafinare fiind cu funcționare continuă.

Întrucât sunt destinate consumului uman, uleiurile comestibile au cea mai complexă schemă tehnologică de rafinare (fig. 12.15).

Dezmucilaginarea uleiurilor vegetale are ca scop îndepărtarea mucilagiilor cu structură chimică complexă în raport cu uleiurile, mucilagiile conținând în principal fosfatide între 0,3-0,4 %, substanțe albuminoide, la care se mai adaugă mici cantități de hidrați de carbon, sterine, rășini, etc.

Operația de dezmucilaginare a uleiului este necesară întrucât prezența mucilagiilor afectează negativ conservabilitatea uleiului, prin hidratare parțială produc turbureala în timpul depozitării, determină spumarea uleiului, inhibă catalizatorii și prin proprietățile lor caracteristice unor emulgatori, măresc pierderile de ulei la rafinare.

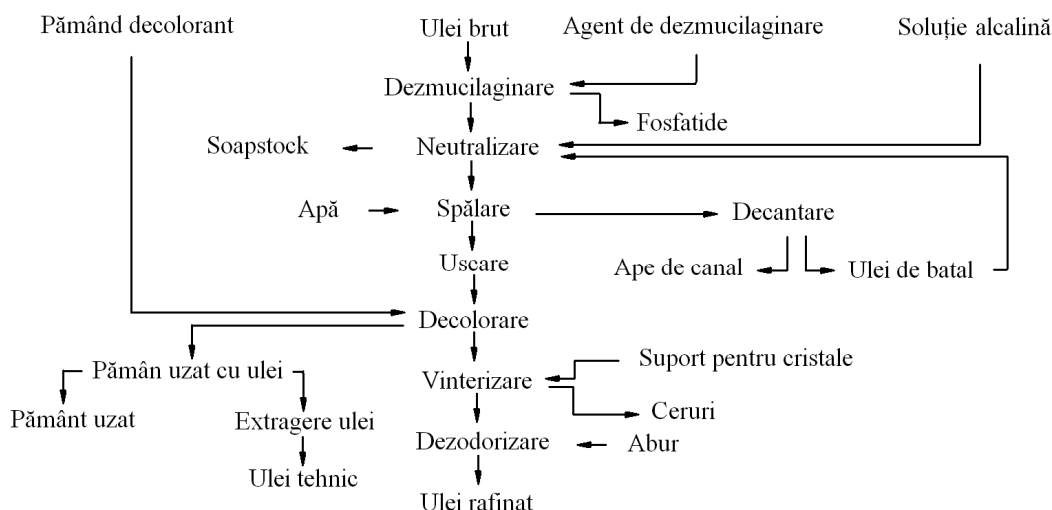


Fig. 12.15. Schema tehnologică de rafinare a uleiurilor vegetale comestibile

Dezmucilaginarea este una dintre cele mai dificile operații din procesul de rafinare și ca urmare s-au stabilit mai multe metode de lucru, în funcție de domeniul de utilizare a uleiului.

Dezmucilaginarea prin deshidratare se bazează pe faptul că, în prezența apei la cald, substanțele mucilaginoase precipită în flocoane, care se separă prin sedimentare sau centrifugare. Se folosesc următoarele metode:

► hidratarea cu abur: se injectează abur direct până la obținerea prin condensarea în masa de ulei a cantității de apă necesară;

► hidratarea cu apă: se adaugă apă pură sau cu substanțe de activare ce măresc eficacitatea operației;

► hidratarea cu soluție salină: se adaugă în uleiul încălzit prin pulverizare o soluție cu 3-5 % sare.

Dezmucilaginarea prin tratament acid sau rafinare acidă, completează procesul de hidratare, eliminând fosfatidele nehidratate. Se obține astfel deshidratarea, denaturarea și

carbonizarea substanțelor mucilaginoase, proteice și colorante, solubile sau aflate în suspensie. Ca substanțe acide se folosesc:

- acidul sulfuric: se aplică tratamentul cu acid concentrat la rafinarea uleiului de rapiță folosit la hidrogenare, respectiv cu acid diluat la uleiurile destinate deglicerării;
- acid citric: în soluție apoasă se folosește la dezmucilaginarea uleiului de soia;
- acid fosforic: se aplică mai ales la uleiurile comestibile din floarea-soarelui, precum și la uleiurile închise la culoare.

Neutralizarea uleiurilor vegetale. Uleiurile brute au ca substanțe de însoțire acizi grași liberi, rezultați din scindarea trigliceridelor în timpul depozitării sau prelucrării semințelor oleaginoase. Întrucât aciditatea liberă a uleiurilor vegetale este limitată prin norme de calitate, este necesară eliminarea acidității libere excedentare (în mod normal aciditatea liberă este cuprinsă între 1-4 %)

Eliminarea acizilor grași sau deacidifierea uleiului se poate realiza prin diverse metode, care diferă între ele după natura procesului respectiv:

♦ *neutralizarea alcalină*; se aplică la uleiuri cu aciditate liberă sub 7 % și constă în eliminarea acizilor grași liberi sub formă de săpun alcalin (soapstock), prin tratarea acestora cu hidroxizi sau carbonați alcalini;

♦ *neutralizarea prin distilare*; se aplică uleiurilor cu aciditate liberă de 7-30 % și constă în antrenarea acizilor grași liberi cu abur direct sau sub vid avansat;

♦ *neutralizarea prin esterificare*; se aplică la uleiurile puternic acide, de peste 30 % și constă în tratarea cu glicerină, care prin combinarea cu acizii grași liberi reconstituie gliceridele.

Cea mai răspândită metodă este neutralizarea alcalină și ea se execută odată cu dezmucilaginarea, în scheme de prelucrare ce diferă în funcție de caracteristicile uleiului brut, calitățile pe care le cere uleiul rafinat și soapstockul, schema unei instalații de dezmucilaginare și neutralizare fiind prezentată în figura 12.16.

Uleiul din rezervorul 1 este trimis de pompa 2, prin preîncălzitorul 3 la vasul de amestec 6, vas în care se aduce și apa pentru hidratare. Pompa 7 trimite amestecul de recirculare în aparatul de hidratare 8, de unde uleiul și flocoanele ajung în centrifuga 11, circuit amorsat de pompa 10. Din centrifugă concentratul de fosfatide este colectat în recipientul 16, iar uleiul hidratat în vasul 17.

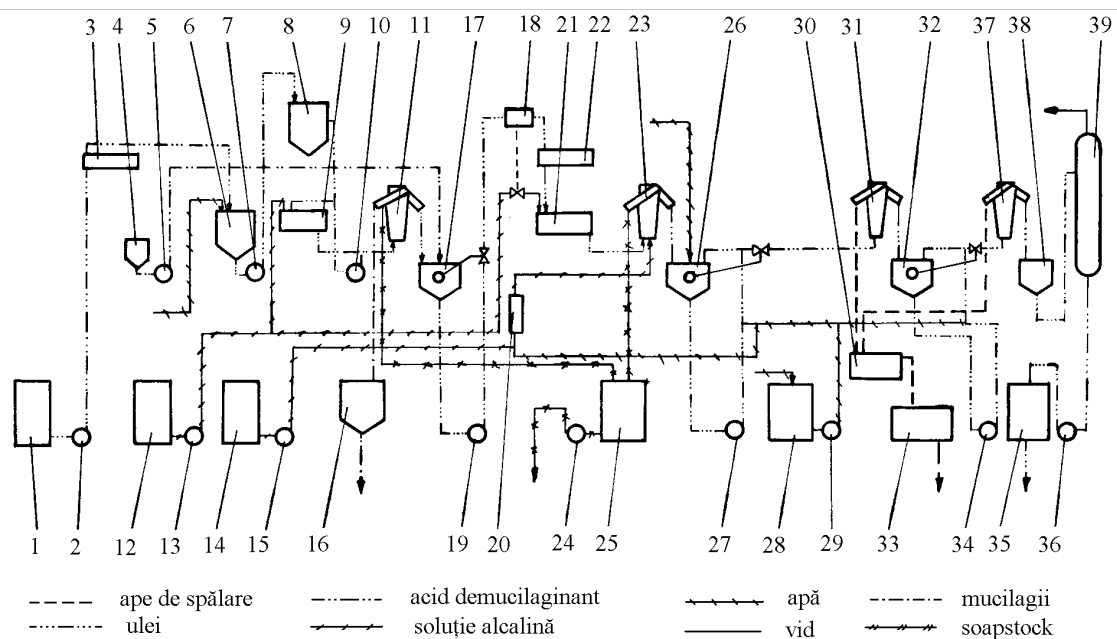


Fig. 12.16. Schema liniei tehnologice de dezmucilaginare și neutralizare (procedee Sharples)

Dacă se folosește un tratament cu acid fosforic sau acid citric, atunci reactivul este adus din recipientul 4 cu pompa 5 și amestecat în vasul 17 cu uleiul hidratat. Pompa 19 împinge amestecul prin rotometrul 18 și preîncălzitorul 22 într-un malaxor 21, tot aici fiind adusă, prin intermediul pompei 13 și soluția alcalină preparată în rezervorul 12.

Amestecul de ulei și soapstock din malaxor este trecut la centrifuga 23 unde are loc separarea soapstockului, care conține și mucilagiile precipitate odată cu sarea de sodiu a acidului citric. Pentru diluarea soapstockului în centrifugă este introdusă apă sau leșie de 6 °Be din rezervorul 14, trimisă de pompa 15 prin preîncălzitorul 20. Soapstockul este colectat în vasul 25, iar uleiul în rezervorul încălzitor 26, rezervor în care, cu pompa 29 este adusă apa caldă din preîncălzitorul 27 și care dizolvă săpunul rămas în ulei.

Amestecul apă-ulei este recirculat cu pompa 27 după care este trecut la centrifuga 31. De aici, apele de spălare se separă și se trec la decantorul 30, iar prin batalul de separare 33 apele se scurg la canal. Uleiul este trecut la o a doua spălare în vasul 32 și separare în centrifuga 37, unde apele de spălare urmează același traseu, iar uleiul spălat trece la rezervorul tampon 38. Apa rămasă în ulei este evaporată sub vid în uscătorul 39 iar uleiul este trimis de pompa 36 în rezervorul 35, de unde va fi dirijat spre operația de decolorare.

În afara acestei metode se mai folosește neutralizarea în mediu sapo-alkalin și neutralizarea alcalină în miscelă. În primul caz se aplică principiul neutralizării uleiului dispersat sub formă de picături într-o soluție alcalină diluată, în care săpunul format se solubilizează eliberând uleiul. Neutralizarea miscelel elimină antrenarea uleiului neutru în soapstock, principalul inconvenient al procedeelelor clasice. Neutralizarea alcalină în stare de miscelă determină o rafinare complexă, realizând dezmuclaginarea și decolorarea parțială a uleiului, prezența dizolvanțului favorizând procesul de rafinare.

Spălarea uleiurilor vegetale se face în faza de neutralizare și are ca scop eliminarea completă, prin dizolvare, a resturilor de soapstock rămase în ulei, după separarea prin centrifugare. După spălare apa este supusă decantării în vederea recuperării uleiului antrenat, și apoi este deversată la canal.

Uscarea uleiurilor vegetale este o operație necesară deoarece uleiurile neutralizate cu soluții alcaline, după spălare, pot să conțină până la 0,5 % apă. Uscătoarele folosite sunt aparate cu funcționare continuă, eliminarea apei fiind realizată în instalațiile de neutralizare sub acțiunea vidului.

Decolorarea uleiurilor vegetale. Pigmenții coloranți sunt substanțe de însoțire a uleiurilor și sunt de proveniență naturală (clorofila, carotina, xantofila) sau formați în broken și în uleiurile din miscele distilate la temperaturi ridicate (complexe de substanțe melano-fosfatidice), având un rol important în ceea ce privește calitatea uleiurilor.

Decolorarea uleiurilor vegetale se face prin diverse procedee și care, după principiul de bază se pot grupa astfel:

- *procedee fizice de decolorare:* sunt bazate pe adsorbția pigmenților cu pământ sau cărbune decolorant;

- *procedee chimice:* sunt bazate pe reacții chimice menite să modifice grupele cromogene ale pigmenților, prin distrugerea lor ca urmare a unor procese de oxidare sau trecerea în forme incolore, ca efect al unor reacții de reducere.

Decolorarea fizică se aplică la uleiurile și grăsimile vegetale comestibile iar decolorarea chimică la uleiurile și grăsimile vegetale tehnice.

Decolorarea are și unele efecte secundare precum eliminarea avansată a mucilagiilor și a substanțelor proteice, a resturilor de săpun din uleiurile neutralizate alcalin și a urmelor de catalizator din uleiurile hidrogenate.

Metoda de decolorare prin adsorbție este cea mai utilizată în practică și constă în amestecarea uleiului neutralizat și uscat cu agentul decolorant, asigurarea unui contact intim o perioadă de timp determinată, urmată de separarea agentului din ulei. Adsorbția pigmenților și a altor substanțe de însoțire are loc în mediu lichid, separarea anumitor substanțe fiind realizată prin adsorbție fizică și chimică sau chemosorbție, cele două fenomene fiind concomitente.

Oxidarea este cel mai important fenomen secundar ce însoțește adsorbția, fiind favorizată de oxigenul conținut de materialul adsorbant sub formă de pulbere și de creșterea temperaturii. Pentru diminuarea fenomenului, decolorarea se face în instalații ce lucrează sub vid, evitându-se în acest fel distrugerea antioxidanților naturali și formarea de peroxizi.

Dintre factorii care influențează randamentul operației de decolorare, cei mai importanți sunt caracteristicile adsorbantului, caracteristicile materiei prime și condițiile de lucru.

Caracteristicile adsorbantului sunt date de:

- capacitatea de adsorbție sau volumul de adsorbție: reprezintă cantitatea de substanță pe care acesta o poate adsorbi, indice care determină cantitatea de agent adsorbant folosit;

- umiditatea adsorbantului: determină obținerea efectului maxim de decolorare (sunt decoloranți care dau un efect maxim la umidități mai mari de 10 %, iar alții la umidități de până la 5 %);

- cantitatea de adsorbant: oscilează în limite largi (0,5-5 %) în funcție de natura uleiului și gradul de decolorare ce trebuie obținut, dar trebuie știut că creșterea cantității de adsorbant atrage după sine și o creștere a pierderilor în ulei;

- suprafața liberă de schimb de substanță: trebuie să fie cât mai mare, fapt ce presupune măcinarea fină a adsorbantului sau ca acesta să aibă o structură cu pori fini în granule, gradul de mărunțire fiind limitat doar de capacitatea de reținere a materialelor filtrante folosite.

Caracteristicile materiei prime sunt date de felul uleiului, natura și concentrația pigmentilor, gradul de oxidare, conținutul în acizi grași și săpun. Acestea depind de condițiile de depozitare a materiei prime și modul de conducere a procesului de extracție.

Condițiile de lucru optime pentru decolorarea uleiurilor comestibile sunt caracterizate prin temperatura uleiului de 85-90 °C și o presiune de 60 mm col Hg., durata procesului ce sigură un efect maxim fiind de 15-20 minute, la decolorarea în flux discontinuu și de doar câteva minute la decolorarea în flux continuu.

Vinterizarea uleiurilor vegetale sau deceruirea are ca scop eliminarea celei mai mari părți din ceruri și gliceridele acizilor grași saturați, ce solidifică la temperaturi normale (15-20 °C) și care dau turbureala uleiului. Procesul de vinterizare constă în cristalizarea cerurilor și gliceridelor solide folosind germeni de cristalizare. De obicei se folosește praf fin de kieselgur pe care se aglomerează microcristalele, rezultând cristale de dimensiuni mari, separarea lor din ulei fiind realizată prin filtrare.

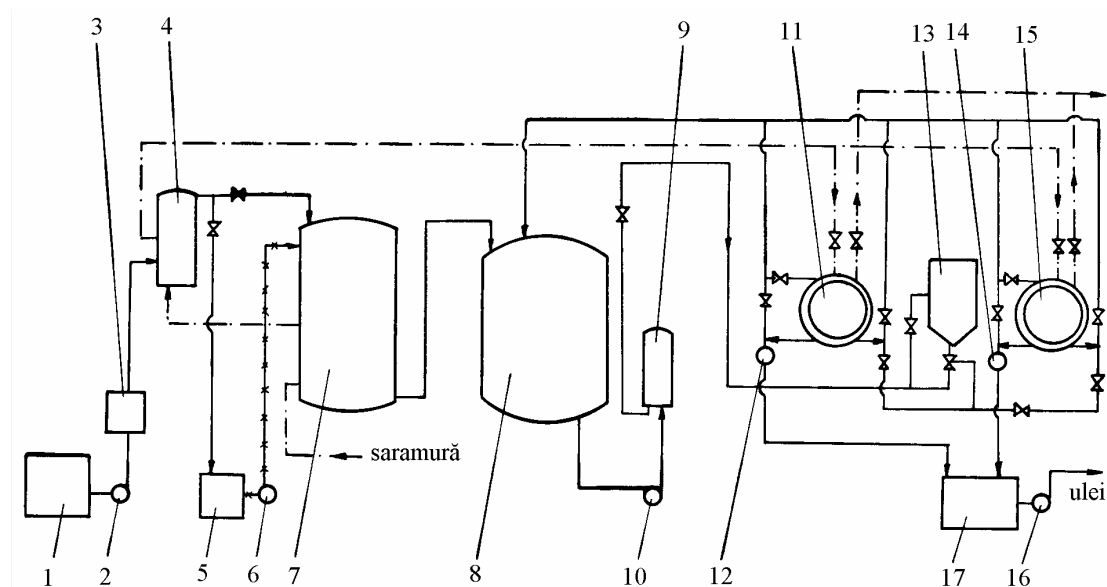


Fig. 12.17. Schema instalației de vinterizare după procedeul „De Smet”: 1- rezervor ulei; 2,6,10,12,14,16- po.pe; 3- răcitor cu plăci; 4- răcitor cu saramură; 5- vas preparare kieselgur; 7- aparat de cristalizare; 8- vas de maturare; 9- preîncălzitor; 11,15- filtre aluvionare; 13. recipient cu suport filtrant; 17- colector ulei.

În practică uleiul este răcit la 5 °C, este însămânțat cu germeni de cristalizare și menținut la această temperatură un timp necesar cristalizării, după care se încălzește la 12-16 °C, temperatură la care se filtrează fără ca cristalele să se dizolve. Acest procedeu utilizat și în țara noastră este redat în figura 12.17.

Uleiul decolorat, după încălzire la cca. 20 °C, se trimite în aparatul de cristalizare unde este amestecat cu kieselgur și răcit treptat la 5 °C. Prin menținerea unei perioade de timp a amestecului în vasul de maturare se obține o creștere semnificativă a cristalelor, după care uleiul este încălzit la 12-18 °C și trecut la două filtre aluvionare: Înainte de filtrare în ulei se adaugă suportul filtrant constituit din cristal-theorit și kieselgur.

Dezodorizarea uleiurilor vegetale este operația prin care sunt eliminate substanțele care imprimă miros și gust neplăcut, ea fiind obligatorie la uleiurile comestibile obținute prin extracție și la grăsimile hidrogenate.

Substanțele care imprimă uleiurilor miros și gust neplăcut se pot grupa după proveniență astfel:

- naturale: se extrag din materiile prime nealterate prin presare la cald și extracție cu solvenți, din această grupă făcând parte hidrocarburi nesaturate, terpene, compuși cu gust înțepător sau amar;
- formate prin alterarea materiilor prime sau a uleiului în timpul prelucrării sau depozitării și cuprind acizi grași liberi inferiori cu miros înțepător, aldehide și cetone;
- modificări de gust și miros după unele faze de prelucrare: miros de ars la prăjire, miros de benzină, gust de săpun sau pământ.

Dezodorizarea efectivă a uleiurilor se face prin antrenarea acestora cu abur la presiune scăzută și la temperatură relativ înaltă, condiții impuse de faptul că substanțele ce imprimă gust și miros uleiului au temperaturi de distilare ridicate la presiunea atmosferică. Distilatul obținut la antrenarea uleiului cu abur conține un amestec de substanțe extrase din ulei, compus din substanțe volatile, de obicei hidrosolubile, substanțe nevolatile insolubile (saponificabile, nesaponificabile și produse de oxidare) și o cantitate de ulei antrenat.

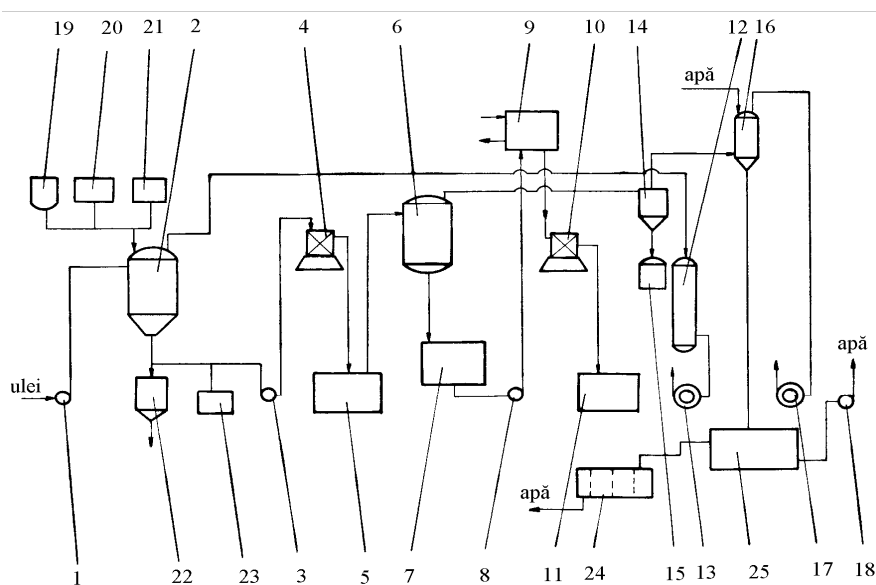


Fig. 12.18. Schema liniei tehnologice de rafinare discontinuă: 1,3,8,18- pompe; 2- aparat universal; 4- filtru de pământ; 5- rezervor ulei albit; 6- dezodorizator; 7- răcitor; 9- rezervor-răcitor; 10- filtru polisare; 11- rezervor ulei rafinat; 12- condensator; 13,17- pompe vid; 14- prințător picături; 15- colector; 16- condensator barometric; 19- rezervor soluție alcalină; 20- rezervor soluție salină; 22- colector soapstock; 23- separator ulei; 24- prințător grăsimi (batal); 24- colector apă.

Temperatura de tratare a uleiului trebuie astfel aleasă încât să poată antrena sub formă de vapori substanțele odorante, fără descompunerea gliceridelor. O reducere a temperaturii de lucru se poate face prin scăderea presiunii sub cea atmosferică și antrenând substanțele care se distilă cu un gaz inert, de regulă fiind folosiți vapori de apă degazați. La majoritatea procedeelor de dezodorizare temperatura este limitată la 185-220 °C în cazul uleiurilor fluide și 220-230 °C la uleiurile solidificate.

Aburul de antrenare preia substanțele volatile având și o acțiune de hidroliză asupra unor compuși, prin eliminarea cărora se îmbunătățește dezodorizarea. Temperatura aburului trebuie să fie mai mare decât a uleiului cu 30-50 °C, iar prin injectarea sa în masa de ulei trebuie asigurată o distribuție cât mai uniformă și în cantități cât mai mici. Pentru a avea un contact bun între abur și ulei se recurge la barbotarea uleiului cu abur de antrenare sau la dispersia uleiului sub formă de film subțire care curge pe suprafețe aflate în contact direct cu abur.

Schemele liniilor tehnologice de rafinare reunesc utilajele și echipamentele tuturor operațiilor legate de flux, pentru sincronizarea debitelor fiind utilizate rezervoare tampon. Procesul de lucru al acestora poate avea caracter continuu sau discontinuu. Un interes deosebit pentru practică îl prezintă linia tehnologică de rafinare discontinuă a uleiurilor comestibile (fig.8.18.) care, având capacități reduse de prelucrare (sub 20t/24 h), permit schimbarea frecventă a sortimentului de ulei.

12.4. Hidrogenarea uleiurilor vegetale

Deoarece la fabricarea săpunului și a unor produse alimentare sunt necesare grăsimi care să rămână în stare solidă și la temperaturi mai ridicate, a fost necesară modificarea punctului de topire a trigliceridelor ce formează uleiurile vegetale. Transformarea gliceridelor lichide în grăsimi solide cu punct de topire ridicat se face printr-o reacție de adiție a hidrogenului la dublele legături ale radicalilor acizilor grași nesaturați, proces numit hidrogenare. În practică se supun hidrogenării trigliceridele și nu acizii grași liberi, astfel că procesul este mult mai complicat, hidrogenarea fiind parțială și mai rar totală, adiția de hidrogen fiind posibilă doar în prezența unor catalizatori.

Fiind o reacție catalitică, desfășurată într-un mediu neomogen (un reactant este lichid iar celălalt gazos), hidrogenarea uleiurilor este un proces de cataliză eterogenă în care se disting trei etape succesive: absorbția moleculelor reactanților pe suprafața catalizatorului, reacția dintre moleculele de stare absorbită și eliberarea produșilor de reacție de pe suprafața catalizatorului.

Hidrogenarea este un proces selectiv întrucât hidrogenul se fixează rapid la radicalii cei mai nesaturați, fără a-i satura total, decât la radicalii mai puțin saturați. Comparativ cu hidrogenarea neselectivă, uleiurile hidrogenate selectiv au o compoziție mai omogenă, cu efecte benefice asupra plasticității și stabilității proprietăților organoleptice.

Prin adiționarea hidrogenului la dubla legătură a acizilor grași au loc transformări ale substanțelor de însoțire, modificarea compoziției și proprietăților trigliceridelor, fenomene secundare precum interesterificarea, polimerizarea și hidroliza gliceridelor sau izomerizarea acizilor grași.

Odată cu creșterea gradului de saturare cu hidrogen uleiurile lichide capătă aspectul unei paste care devine solidă. Saturarea completă a uleiului de floarea-soarelui ridică punctul de topire la 62-65 °C, dar utilizările industriale solicită doar o hidrogenare parțială, până când punctul de topire este de 28-38 °C la uleiurile comestibile și de 48-50 °C la uleiurile tehnice.

Privitor la substanțele de însoțire din uleiuri, transformările lor în procesul de hidrogenare sunt:

- fosfatidele și mucilagiile se descompun și produc inactivarea catalizatorului, motiv pentru care uleiurile supuse hidrogenării trebuie dezmuclaginate;
- carotenoidele ce dau culoarea galbenă, prin hidrogenare devin incolore;
- vitaminele liposolubile A și D se descompun pierzându-și proprietățile, păstrându-se aproape integral doar vitamina E;

- prin adăugare de hidrogen steridele se transformă în alcooli hidroaromați, iar prin reducerea grupării hidroxilice se pot transforma în hidrocarburi.

Unul din efectele secundare ale hidrogenării este hidroliza gliceridelor sau descompunerea la temperatură înaltă în glicerină și acizi grași, apa necesară reacției fiind furnizată de umiditatea hidrogenului. Ca urmare crește ușor aciditatea liberă, cresc pierderile de grăsimi și se formează un miros și gust specific de hidrogenat.

Cel mai important efect secundar este însă izomerizarea acizilor grași. În urma hidrogenării parțiale, dubla legătură în procesul de absorbție-desorbție pe catalizator se desface parțial, apărând situații ce determină o rotație a grupelor de atomi în jurul dublei legături, cu formarea de izomeri. Astfel în produsul finit, pe lângă acidul stearic și acidul oleic, se mai găsesc și izomeri ai acidului oleic denumiți acizi izoleici, izomeri de forma trans ridicând temperatura de topire chiar dacă indicele de iod nu scade corespunzător.

Viteza de hidrogenare este un parametru important ce caracterizează procesul și ea depinde de mai mulți factori:

- ▶ activitatea catalizatorului: cu cât este mai mare numărul centrilor activi de pe suprafața catalizatorului, la nivelul cărora decurge reacția de hidrogenare, cu atât mai mult crește viteza, pe măsura folosirii catalizatorului fiind înregistrată scăderea activității sale;

- ▶ cantitatea de catalizator: creșterea vitezei de hidrogenare cu cantitatea de catalizator este valabilă până la o concentrație de 0,3-0,4 % față de grăsime, valoare peste care acesta nu mai poate fi folosit din lipsă de hidrogen;

- ▶ temperatura de hidrogenare: crește viteza de hidrogenare cu temperatura care, în funcție de selectivitatea procesului, are valori cuprinse între 160-240 °C (160-180 °C la obținerea grăsimilor moi, 180-200 °C la obținerea grăsimilor pentru margarine și peste 200 °C la obținerea grăsimilor tehnice);

- ▶ presiunea de lucru: creșterea presiunii duce la creșterea vitezei de hidrogenare printr-o mai mare concentrare a gazului dizolvat, mărinde viteza hidrogenului în masa de ulei; are valori cuprinse între 1,5-2 daN/cm², presiunea scăzută favorizând selectivitatea procesului;

- ▶ intensitatea amestecării: are o influență favorabilă asupra vitezei de hidrogenare prin faptul că asigură o distribuție continuă și uniformă a hidrogenului în masa de ulei și menține catalizatorul în stare de suspensie.

Catalizatorii de hidrogenare sunt asigurați de metale precum nichel, platină și paladiu, din considerente economice cei pe bază de nichel cunoscând o largă utilizare. Aceștia se obțin relativ ușor, sunt foarte activi dar au o selectivitate mai redusă, în practică fiind utilizate mai multe tipuri:

- ◆ catalizatori de nichel pe suport de kieselgur: este un amestec de 20 % nichel, 25 % kieselgur, 55 % ulei hidrogenat sau în varianta 25 % Ni, 10 % kieselgur și 65 % ulei hidrogenat, cu sau fără adaos de zirconiu, nichelul fiind precipitat în stare fină, dispersat pe suport de kieselgur;

- ◆ formiatul de nichel: este o pulbere fină ce conține 31-33 % nichel și care nu are proprietăți catalitice, însă prin descompunerea sa face ca nichelul metalic să devină catalizator;

- ◆ catalizator de nichel Raney: este un aliaj cu 33 % nichel și 67 % aluminiu tratat cu NaOH în condiții controlate care, prin caracterul său neselectiv, este folosit doar la hidrogenarea uleiurilor tehnice;

- ◆ catalizatori de amestec: au în structura lor două sau trei metale (cupru-crom, nichel-cupru, cromit de cupru și mangan, cromit de cupru și nichel, etc.), cumulează avantajele catalizatorilor separați.

În ultimul timp sau făcut cercetări în domeniul hidrogenării prin cataliză omogenă, în care reactanții și catalizatorul formează o singură fază, catalizatorul fiind solubil în ulei. Catalizatorii folosiți sunt complexe organo-metalice în care atomul metalului de tranziție (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, W, Mo) este legat coordinativ la radicalii liganzi, mai ales de tipul carbonil, fiind combinații de tipul Cr(CO)₃, Mo(CO)₃ sau W(CO)₃, asociate cu benzoat de metil.

Cataliza omogenă a scos în evidență o temperatură de hidrogenare mai scăzută, eliminarea ușoară a catalizatorului prin spălarea cu acizi, un control mai bun al gradului de selectivitate, precum și faptul că prin acest procedeu pot fi supuse hidrogenării uleiuri brute.

Metode de hidrogenare a uleiurilor vegetale. În funcție de caracterul procesului se deosebesc hidrogenarea discontinuă (cu circulație de hidrogen în atmosferă staționară de hidrogen) și hidrogenare continuă (cu catalizator în suspensie sau cu catalizator staționar). Hidrogenarea continuă este mai puțin selectivă și se justifică doar la hidrogenarea unui singur sortiment de ulei.

În general fabricile de ulei folosesc instalații de hidrogenare discontinue, în atmosferă staționară de hidrogen și cu circulație combinată, hidrogenul necesar desfășurării procesului fiind obținut din electroliza apei în stațiile de electroliză și care trebuie să îndeplinească anumite condiții de calitate.

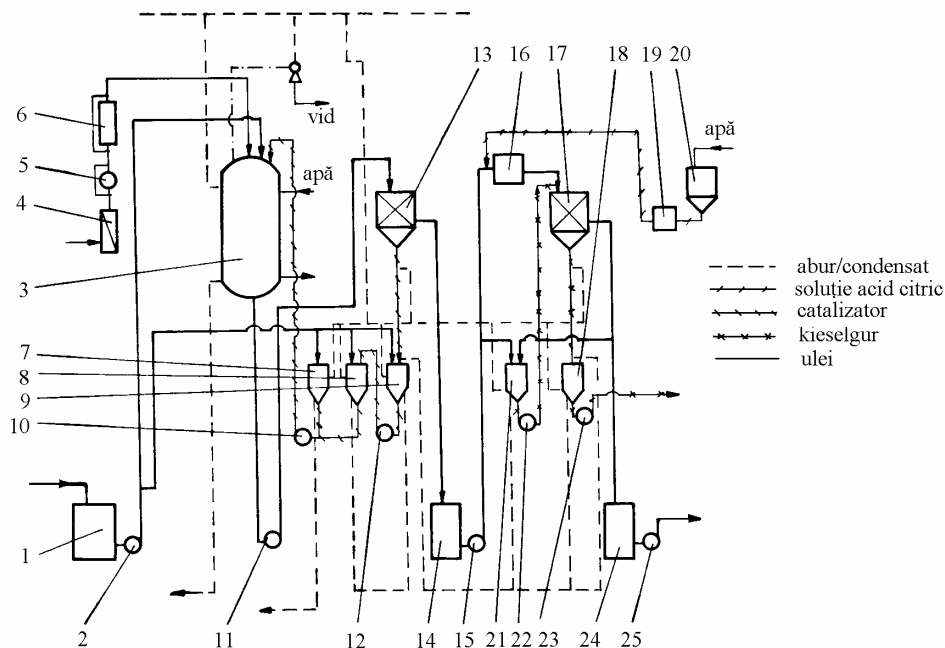


Fig. 12.19. Schema instalației de hidrogenare a uleiului în atmosferă staționară de hidrogen

Instalația de hidrogenare a uleiului în atmosferă staționară de hidrogen (fig. 12.19) realizează amestecarea celor două faze, inițial prin barbotarea hidrogenului și mai apoi prin intermediul unui agitator cu palete. Uleiul din rezervorul 1 este aspirat cu ajutorul vidului în autoclava dublă 2, până la $\frac{2}{3}$ din capacitate, unde se încălzește, se dezaerează și se usucă sub vid la cca. 120°C .

În rezervorul 8 are loc prepararea suspensiei de catalizator, prin amestecarea uleiului trimis de pompa 2, cu catalizatorul uzat adus de pompa 12 din rezervorul 9 și cu catalizator proaspăt adus de pompa 10 din rezervorul 7. Suspensia de catalizator este introdusă în autoclavă după uscare, fiind urmată de creșterea temperaturii uleiului la 150°C . La sfârșitul operației de încălzire hidrogenul trecut prin reductorul de presiune 4, contorul 5 și debitmetrul 6, este introdus în autoclavă, după care se închide legătura acesteia cu instalația de vid. Se continuă încălzirea cu abur până la 170°C , creșterea temperaturii peste această valoare datorându-se reacțiilor exoterme din autoclavă. Limitarea temperaturii la 190°C se realizează cu ajutorul unei serpentine de răcire cu apă.

După consumarea hidrogenului necesar (atingerea punctului de topire prin alunecare) se întrerupe alimentarea cu hidrogen, uleiul este răcit la 80°C și cu pompa 11 este trecut la filtrul presă 13. Uleiul filtrat este colectat în rezervorul 14 iar turtele de catalizator în rezervorul 9. Deoarece în ulei mai rămâne o cantitate mică de nichel, pentru eliminarea ei, dar și pentru îmbunătățirea calității uleiului hidrogenat, acesta este supus unei noi filtrări în filtrul presă 17.

Pentru aceasta în rezervorul 21 se prepară o soluție de kieselgur cu ulei hidrogenat, care, trimisă cu pompa 22 formează în filtru un strat filtrant de kieselgur.

Uleiul din rezervorul 14 este trimis de pompa 15 la a doua filtrare, în același timp prin amestecătorul 16 introducându-se în ulei, cu dozatorul 19, o soluție de acid citric de cca. 20 %, preparată în vasul 20. Uleiul filtrat este colectat în rezervorul 24 și trimis cu pompa 25 la dezodorizare, iar kieselgurul uzat cu ulei este colectat în rezervorul 18 și evacuat cu pompa 23.

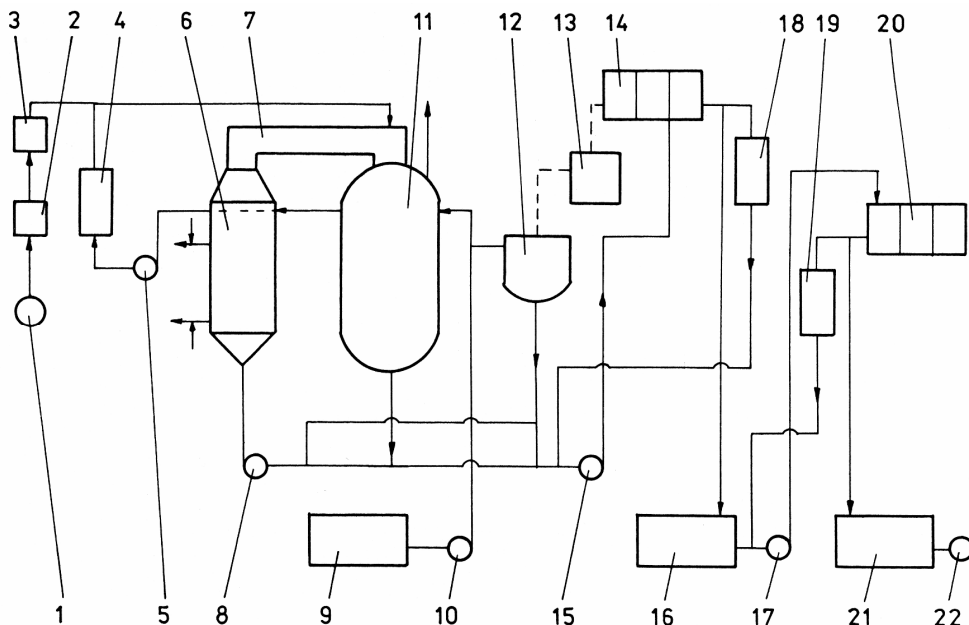


Fig. 12.20. Schema instalației de hidrogenare a uleiului cu circulație combinată

Instalația de hidrogenare cu circulație combinată (fig. 12.20) are prevăzut un reactor care dispersează hidrogenul în stratul de ulei, amestecul de ulei deversând în autoclavă. Uleiul rafinat din vasul 9 este trimis în autoclava 11 de pompa 10, unde se aduce și hidrogenul. Hidrogenul din acumulatorul 1 trece prin reductoarele de presiune 2 și 3, după care este introdus în reactorul 7 unde are loc reacția dintre ulei și hidrogen. Excesul de gaz neintrat în reacție este aspirat de compresorul 5 și după trecerea prin separatorul de ulei 4 este reintrodus în circuit.

Uleiul introdus în autoclavă este încălzit la 150 °C în schimbătorul de căldură 6, prin recirculare cu pompa 8, apoi se usucă cu ajutorul vidului (autoclava fiind prevăzută cu două ejectoare și un condensator) și tot cu ajutorul vidului se introduce în autoclavă suspensie de catalizator din rezervorul 12, declanșând hidrogenarea propriu-zisă. În timpul procesului uleiul este recirculat prin schimbătorul de căldură 6, reactorul 7, autoclava 11 și încălzit la cca. 189 °C, după care temperatura este menținută cu ajutorul apei de răcire.

Când hidrogenarea este terminată uleiul se răcește la 90-100°C, iar cu pompa 15 este trimis la filtrul presă 14, de unde turtele de catalizator ajung în vasul 13 și mai departe în rezervorul 12, uleiul limpede în rezervorul 16 și filtratul tulbure în rezervorul 18, fiind retrimis la filtrare de pompa 15.

Eliminarea resturilor de nichel ce rămân după prima filtrare se face printr-o a doua filtrare în filtrul presă 20, folosind ca material filtrant kieselgur. Uleiurile comestibile sunt colectate în rezervorul 21 iar uleiurile tehnice în rezervorul 19, pentru stabilizarea lor fiind necesar adăugarea de acid citric.

12.5. Interesterificarea uleiurilor vegetale

Interesterificarea este metoda prin care se modifică structura gliceridică a grăsimilor, rezultând o rearanjare moleculară a radicalilor acizilor grași care esterifică glicerina. Prin aceasta

se urmărește modificarea proprietăților fizice, fără afectarea compoziției acizilor grași, iar dacă interesterificarea este bine condusă se păstrează aceleași caracteristici chimice și nu se produc reacții secundare de oxidare, izomerizare sau polimerizare. Se obțin astfel substanțe cu proprietăți plastice superioare, necesare îndeosebi la fabricarea margarinei.

Reacția de interesterificare se poate desfășura dirijată sau la întâmplare, iar în funcție de baza de grăsimi asupra căreia acționează poate fi:

- *interesterificare simplă*, când reacția se realizează între molecule ale unei singure grăsimi, fiind aplicată pentru untură și seu;
- *interesterificare mixtă*, când reacția are loc între amestecuri de uleiuri hidrogenate și nehidrogenate.

Uleiurile supuse reacției de interesterificare trebuie bine neutralizate și decolorate, să aibă o aciditate liberă de maxim 0,1 %, umiditate maximă de 0,03 %, conținut maxim în peroxizi de 1 %, fără alcoolii și acizi minerali.

Reacția de interesterificare este catalizată de către ioni ai metalelor alcaline sub formă de hidroxizi, alcoolați sau metale pulverulente. Mai larg utilizați în practica industrială sunt metilatul și etilatul de sodiu, aliajul Na-K și soluția de NaOH.

Tabelul 12.5. Caracteristicile componentelor și uleiurilor interesterificate

Ulei de floarea soarelui	Temperatura de topire °C	Temperatura de tulburare °C	Conținut de trigliceride solide, %	Compoziția acizilor grași %			
				palmitic	stearic	oleic	linoleic
Componente :							
- fluid	-	-	-	5,29	4,09	24,38	65,24
- hidrogenat A	42,0	36,0	64,60	4,22	26,28	69,50	-
- hidrogenat B	32,0	27,5	25,60	5,69	10,34	83,79	urme
Amestec binar							
- neinteresterificat	39,5	31,0	28,34	5,33	14,03	47,25	33,29
- interesterificat	30,0	25,0	11,22	5,18	13,94	47,0	33,88
Amestec ternar							
- neinteresterificat	36,5	30,5	22,73	5,49	11,35	64,46	18,70
- interesterificat	30,5	24,0	14,57	5,29	10,68	65,08	18,79

Pentru constituirea bazei de grăsimi necesare obținerii margarinei se folosesc amestecuri de uleiuri nehidrogenate și hidrogenate, care introduc în alimentație acidul linoleic, indispensabil funcțiilor vitale ale organismului. Instabilitatea formelor cristaline și prezența acizilor grași sub forma trans sunt dezavantaje care se elimină prin transesterificare. Procedul se aplică în cazul amestecurilor de uleiuri de floarea-soarelui în sistem discontinuu, folosind drept catalizator 0,4 % NaOH prin agitare la 160 °C sub presiune scăzută și în mediu de gaz protector, caracteristicile acestor uleiuri fiind prezentate în tabelul 12.5.

12.6. Fabricarea margarinei și a grăsimilor vegetale comestibile

Margarina reprezintă o emulsie stabilă concentrată de tipul apă în ulei și se obține din grăsimi vegetale, mai rar grăsimi animale, având ca fază dispersată apa sau laptele. Stabilitatea emulsiilor se realizează cu ajutorul emulgatorilor, care determină micșorarea tensiunii superficiale la limita de separație a celor două faze și crearea unei pelicule de protecție pe suprafața picăturilor fazei disperse.

Dacă se ține cont de rolul nutrițional, sortimentele de margarină se pot grupa astfel:

- ▶ margarine folosite pentru introducerea în alimentație a unor substanțe necesare organismului;
- ▶ margarine folosite ca suport pentru vitaminele liposolubile (A,D,E) în vederea completării necesarului organismului;
- ▶ margarine pentru introducerea în dietă a unor substanțe care previn diverse maladii;
- ▶ margarine hipocalorice folosite la combaterea obezității;

► margarine cu acizi grași folosite la corectarea unor dereglări metabolice.

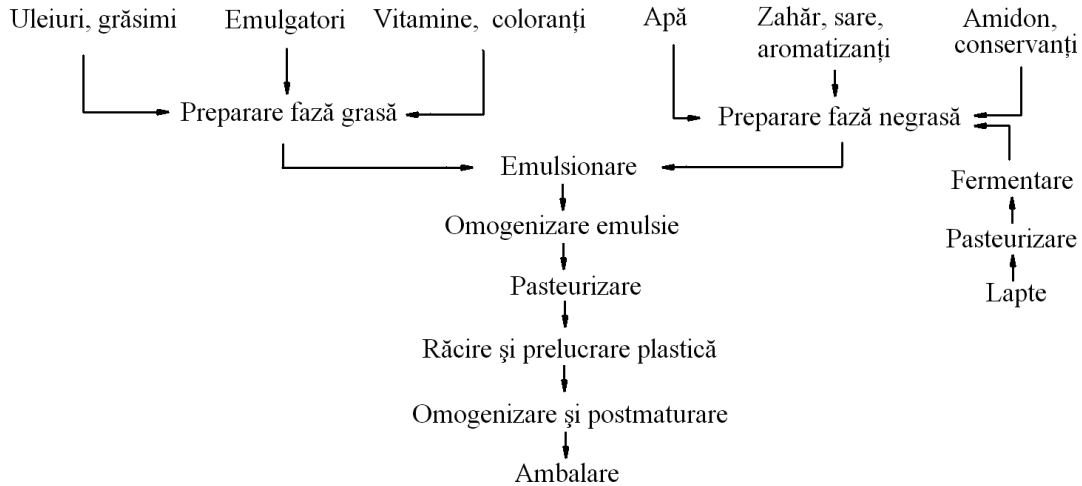


Fig. 12.21. Schema tehnologică generală de fabricare a margarinei

Materiile prime și auxiliare folosite la fabricarea margarinei sunt baza de grăsimi, apa sau laptele, substanțele de gust și culoare, emulgatori și vitaminele.

Baza de grăsimi o constituie amestecul de grăsimi solide și uleiuri lichide, având o pondere de 82-84 % din compoziția emulsiei. Amestecul trebuie să fie plastic în intervalul 10-30 °C, să se topească la 37 °C, iar din punct de vedere calitativ să fie comestibil. De obicei baza de grăsimi folosită la fabricarea margarinei este alcătuită din ulei fluid și solidificat de floarea soarelui, ca atare sau în amestec cu uleiuri de soia, rapiță sau din germeni de porumb, solidificate sau fluide.

Laptele folosit la fabricarea margarinei are rolul de a îmbunătăți gustul și aroma. De regulă acesta se pasteurizează la 63-65 °C timp de 20 minute, după care este supus fermentării în scopul de a-i dezvolta aroma și gustul specific untului, dar și pentru mărirea conservabilității sale.

Apa folosită trebuie să fie potabilă și cu o duritate permanentă de 14⁰, margarina având ca fază dispersă apa prezentând o mai mare durabilitate față de cea cu lapte.

Emulgatori. Ca stabilizatori de emulsie se folosesc lecitina alimentară în proporție de 0,2-0,3 % și un emulgator sintetic constituit dintr-un amestec de mono și digliceride, obținut prin reesterificarea grăsimilor cu glicerină în prezența hidroxidului de sodiu.

Alte materii auxiliare. În afara substanțelor menționate, la prepararea margarinei se mai folosesc sarea comestibilă și zahărul pentru ameliorarea gustului, soluție uleioasă de caroten ca substanță colorantă, vitamine pentru creșterea valorii nutritive, soluție de acid sorbic cu rol de conservant și amidon ca substanță revelatoare.

Fabricarea margarinei se face după schema tehnologică din figura 12.21, operațiile fiind realizate într-o instalație de tipul Kombinator (fig. 12.22), a cărei funcționare este descrisă în continuare.

Grăsimile vegetale sunt încălzite (temperate) cu 3-4 °C peste punctul de topire în rezervoarele de temperare 1, prevăzute cu circuite de încălzire și agitatoare cu palete. Ingredientele se prepară în recipientele 2, separat pentru fiecare în parte: emulgatorii se dizolvă în ulei la 50-60 °C; zahărul se dizolvă în lapte sau apă, soluția se filtrează, se încălzește la 90-95 °C pentru distrigerea drojdiilor și mucegaiurilor, după care se răcește; sarea se dizolvă în apă într-o proporție de 22-25 % și se filtrează; colorantul se diluează cu ulei rafinat până la 2 %; vitaminele se diluează cu ulei rafinat rece în proporție de 1/1.

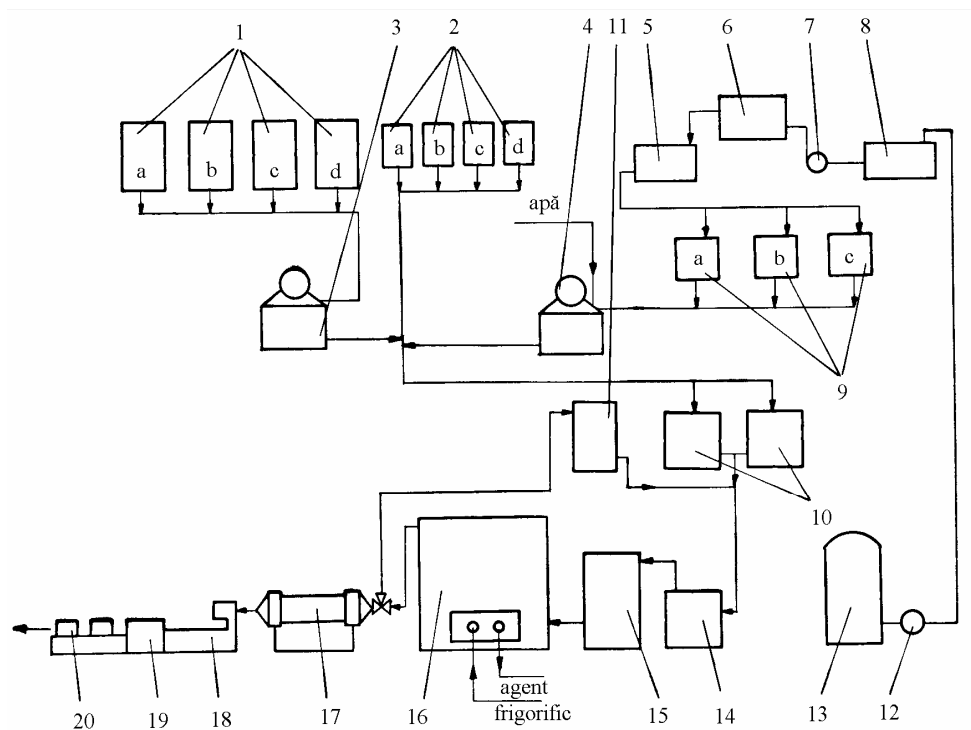


Fig. 12.22. Schema instalației Kombinator de fabricare a margarinei

Pregătirea bazei de grăsimi se face prin dozarea grăsimilor cu dozatorul basculant 3, în porții conform rețetei de fabricație, din care 65-67 % este ulei solidificat cu punctul de topire cuprins între 32-35 °C și 15-17 % ulei fluid.

Laptele din tancul 13 este trimis de pompa 12 în rezervorul tampon 8, iar cu pompa 7 la răcitorul cu plăci 6 unde este adus la 4-5 °C, colectat în tancul izoterm 5 după care este trecut în vanele de pasteurizare și fermentare 9. Atât laptele fermentat, cât și apa sunt dozate cu dozatorul basculant 4, margarina cu apă conținând 15,5-16,5 % apă, în timp ce margarina cu lapte conține 9,5-1,05 % apă și 6,0-6,5 % lapte.

Emulsia primară se obține în malaxoarele de emulsionare 10 în două variante tehnologice:

- prima variantă: se introduce în aparat 1/3 din faza grasă (apoasă) și 1/3 din faza grasă, se agită continuu 3 minute după care se adaugă restul de 2/3 din ambele faze, malaxându-se timp de 10 minute;

- a doua variantă: se introduce 1/3 din faza grasă, apoi soluțiile cu ingredientele liposolubile, se malaxează timp de 3 minute după care se introduce restul bazei de grăsimi, faza grasă și în final soluția de sare.

Omogenizarea emulsiei primare se face în omogenizatorul 14 prin trecerea emulsiei în picături mici și fin dispersate, după care aceasta este trimisă la pasteurizatorul 15. Pasteurizarea emulsiei are scopul de a mări conservabilitatea margarinei și constă în încălzirea ei la 85 °C, menținerea timp de 15 secunde și răcirea la 38-40 °C.

Răcirea și prelucrarea plastică se face în agregatul Kombinator, prevăzut cu doi cilindri de răcire și emulsionare, folosiți la fabricarea margarinei ambalate în pachete și un cilindru de plastifiere care servește la fabricarea margarinei ambalate în cutii sau lăzi, ori la fabricarea grăsimilor vegetale comestibile.

Omogenizarea și postmaturarea margarinei se desfășoară în tubul de temperare 17, aici margarina consolidându-și structura cristalină și temperatura. Prin gura de descărcare a tubului de temperare margarina trece la mașina de format și ambalat 18, de aici la mașina de fardelat care introduce pachetele în cutii și cu transportorul 20 acestea ajung la locul de depozitare.

Surplusul de margarină care nu intră la formare este dirijat la vasul tampon 11, de unde se adaugă în proporții mici la emulsia proaspătă.

Fabricarea grăsimilor vegetale comestibile. Aceste grăsimi culinare se utilizează în panificație, patiserie și la gătit, fiind pregătite pentru a înlocui untura și sunt grăsimi aproape pure (minim 99 % grăsimi). Se deosebesc două grupe distincte de grăsimi:

- *grăsimi hidrogenate*, obținute prin amestecarea mai multor uleiuri solidificate cu diverse grade de hidrogenare și cu indicele de iod cuprins între 60-65;
- *grăsimi compundate*, obținute prin amestecarea uleiurilor hidrogenate cu uleiuri lichide, cu indicele de iod de cca. 80.

Baza de grăsimi este constituită în mod deosebit din uleiuri de soia, prepararea grăsimilor realizându-se prin mai multe procedee, deosebirea dintre ele constând în modul în care se face răcirea și prelucrarea plastică.

12.7. Tehnologia de fabricare a altor uleiuri vegetale

Uleiul de palmier ocupă locul doi în lume ca nivel de producție, fructele ce conțin uleiul fiind recoltate de la palmierul de ulei și care se cultivă în zonele tropicale. În figura 12.23 este prezentată schema unei linii tehnologice de obținere a uleiului brut.

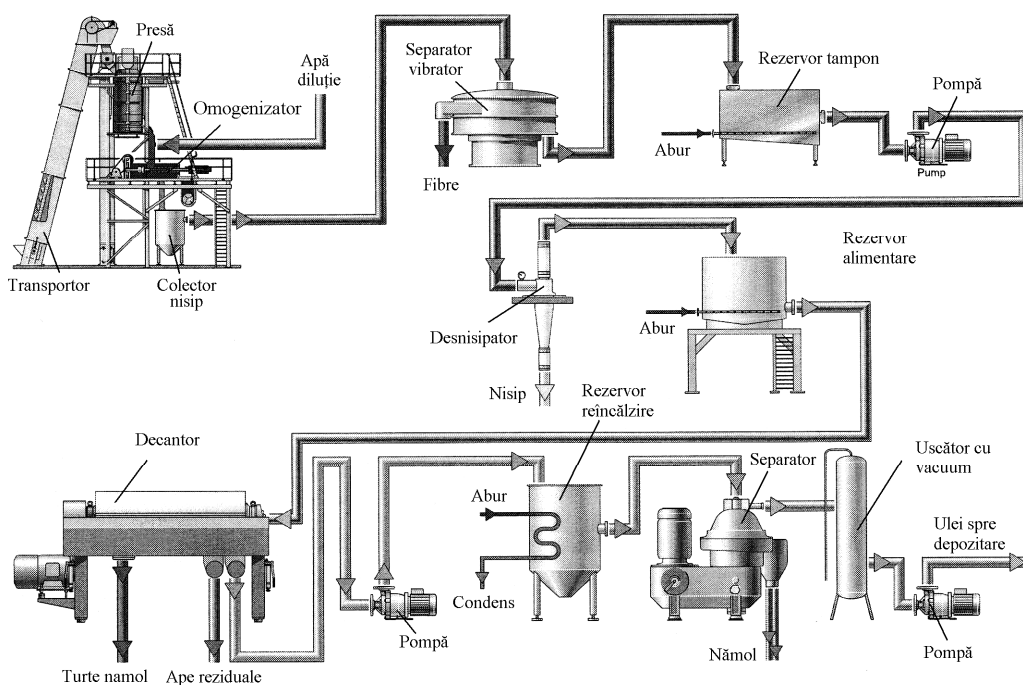


Fig. 12.23. Schema liniei tehnologice de obținere a uleiului brut de palmier

Fructele de palmier sunt aduse de un transportor la presă unde, fructele sunt zdrobite și presare în vederea punerii în libertate a uleiului, iar pentru intensificarea separării fazelor se face o omogenizare a materialului cu apă de diluție. De aici amestecul este trecut la decantare unde se separă cea mai mare parte a nisipului. Trebuie menționat că recoltarea ciorchinului cu fructe de la palmierul de ulei se realizează de regulă manual (prin tăiere cu cuțite cu coadă lungă), acesta căzând pe sol, cel mai des nisipos, de unde și necesitatea separării acestuia din masa supusă prelucrării.

După separarea părții solide sub formă de fibre pe separatorul vibrator, faza lichidă este trecută într-un rezervor tampon, încălzită și pompată la un desnisipator, unde are loc separarea ultimelor resturi de pământ și nisip, ajungând în rezervorul de alimentare al decantoarelor.

În linia tehnologică sunt prevăzute trei decantoare centrifugale orizontale unde are loc separarea apelor reziduale și a nămolului din masa de ulei, astfel că puritatea uleiului rezultat

este ridicată. Pentru corectarea purității finale, uleiul de palmier de la decantoare este trecut la un separator centrifugal cu talere, unde se elimină ultimele fracții solide sub formă de nămol, iar după uscare într-un uscător cu vid, unde se elimină ultimele fracții de apă, acesta este trecut la tancurile de depozitare, urmând a fi supus ulterior tratamentelor de rectificare.

Uleiul de măsline este foarte mult utilizat în forma de ulei brut de presare la rece și el se poate obține în flux discontinuu (fig. 12.24.) sau în flux continuu (fig. 12.25.).

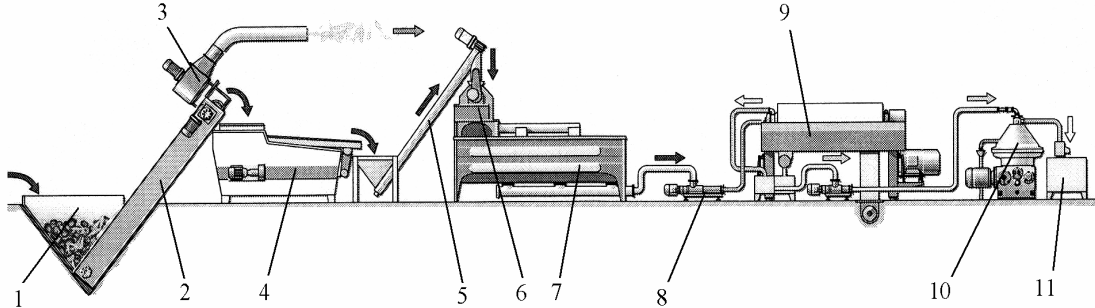


Fig. 12.24. Schema liniei tehnologice de obținere a uleiului brut din mășline în flux discontinuu

La fluxul discontinuu mășlinele recoltate sunt aduse în buncărul de recepție 1, de unde sunt preluate de transportorul 2, prevăzut la capătul de descărcare cu ventilatorul 3 ce separă frunzele și alte fracții verzi rezultate la recoltare și trecute la mașina de spălat 4. Aici are loc separarea impurităților care se regăsesc pe suprafața fructelor, separarea apei fiind realizată pe transportorul scurgător 5. Mășlinele sunt mărunțite în moara 6 apoi masa măcinată este încălzită la 30-35 °C, omogenizată în malaxorul 7 și pompată ulterior de pompa 8 la decantoarele orizontale 9 (sunt trei decantoare dispuse în serie), de unde se separă nămolul, fracția solidă și cea mai mare parte din apă. Uleiul brut rezultat este trecut prin separatorul centrifugal 10 și ajunge în rezervorul 11.

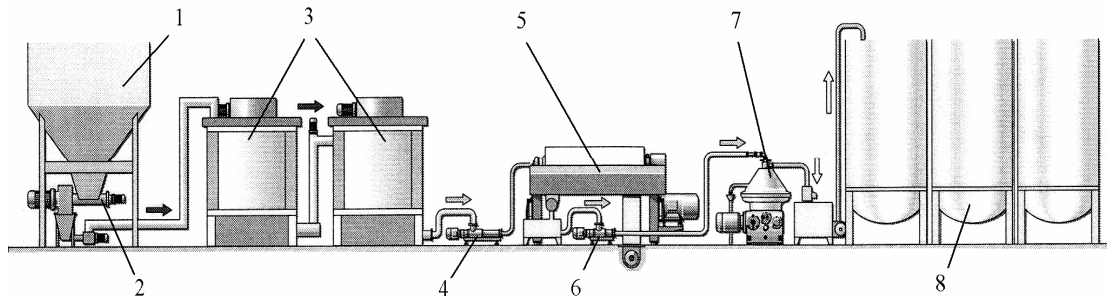


Fig. 12.25. Schema liniei tehnologice de obținere a uleiului brut din mășline în flux continuu

La procedeul continuu mășlinele sunt curățate, separate de impurități, spălate și depozitate în silozurile 1. După măcinare în moara 2 masa este supusă încălzirii și omogenizării cu apă în malaxoarele 3, unde se ridică temperatura la cca. 30-35 °C. Cu pompa 4 masa este adusă la decantoarele 5 (două decantoare) pentru separarea uleiului brut de restul componentelor masei omogenizate, iar curățirea finală se face în centrifuga 7, uleiul brut fiind stocat în rezervoarele 8.

În ambele cazuri temperatura măcinăturii și a uleiului brut este menținută la temperaturi sub 35-37 °C, pentru a nu provoca reacții chimice care să determine modificarea structurii substanțelor grase din ulei, schimbarea gustului sau a culorii.

12.8. Tehnologia de fabricare a halvalei

Halvaua reprezintă un amestec de pastă din semințe oleaginoase măcinate și bătute cu o spumă de caramel cu extract de ciuin. De regulă secțiile de producție a halvalei se găsesc în incinta fabricilor de ulei. La început, pentru fabricarea halvalei se foloseau semințe de susan, actualmente acestea fiind înlocuite cu semințe de floarea-soarelui. Schema tehnologică de fabricare a halvalei este prezentată în figura 12.26.

Materiile de bază la producerea halvalei sunt semințele oleaginoase, halvița și extractul de ciuin.

Semințele sunt supuse operației de decorticare sau descojire, pentru eliminarea învelișului de pe semințe și în funcție de modul de prelucrare pot urma două trasee tehnologice: prelucrare umedă sau prelucrare uscată. Spălarea miezului cu apă permite o mai bună îndepărtare a impurităților din masa de semințe, după care masa este uscată în vederea eliminării apei de spălare, răcită și măcinată la rece pentru a evita pierderile în ulei, după care se face o omogenizare a măcinăturii cu completarea de ulei vegetal până la atingerea concentrației optime în grăsimi, în final rezultând un preparat numit tahân cu următoarele caracteristici: temperatura finală 30 °C, umiditatea maximă 1,2 %, conținutul în grăsimi de 65-68 %.

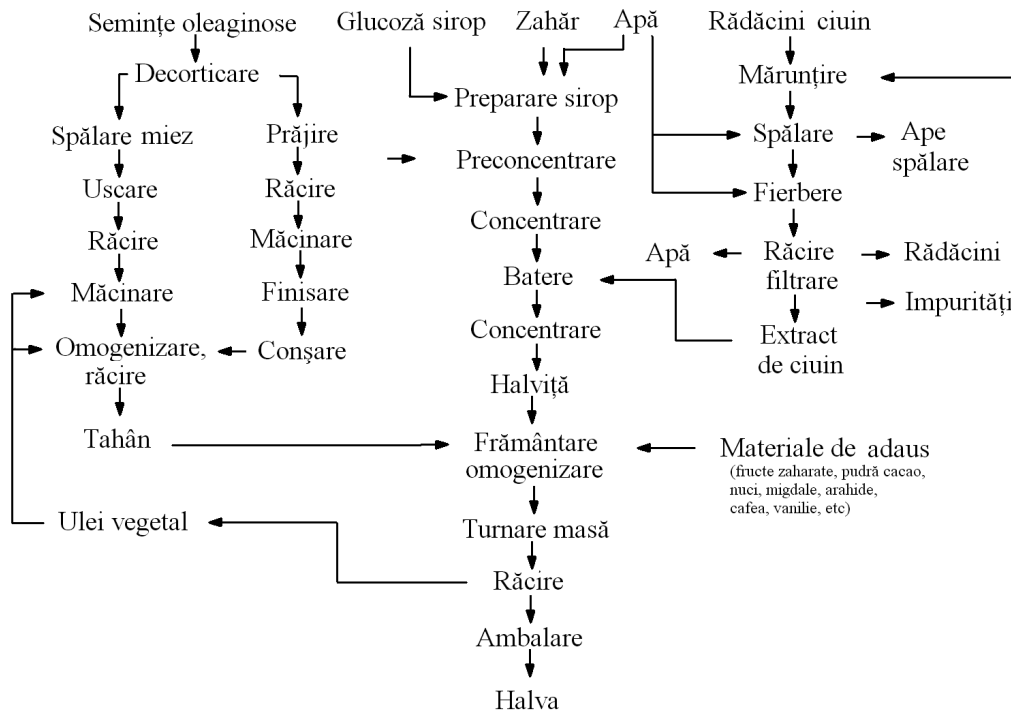


Fig. 12.26. Schema tehnologică de fabricare a halvalei

Siropul de glucoză și siropul de zahăr se amestecă după care se supun unei preconcentrări, rezultând un sirop omogen. Se continuă eliminarea excesului de apă prin concentrare și obținerea masei de caramel

Rădăcinile uscate de ciuin se mărunțesc în vederea ușurării spălării lor și extracției substanțelor active, se spală pentru eliminarea substanțelor minerale, se clătesc cu apă proaspătă și sunt trecute la vasele de fierbere cu apă, unde substanțele active trec în lichid și formează o spumă. După răcire și filtrare se obține extractul de ciuin, respectiv rădăcini care se reîntorc la mărunțire și reiau procesul de extracție până la epuizarea lor și apa de fierbere excedentară.

Masa de caramel și extractul de ciuin se supun amestecării prin batere, omogenizând bine cele două faze care, supuse concentrării duc la obținerea halviței, cu densitatea de 1,1 kg/dm³, temperatura masei fluide de 70-80 °C și extract de ciuin maxim 2 % din masa halviței.

Tahânu, halvița și materialele de adaos se amestecă în recipiente mari, proporția fiind de 40 % halviță și 60 % tahân, la o temperatură de 80 °C, frământarea avansată a masei fiind realizată timp de 3-5 minute la 80-90 °C, cu formarea masei fibroase în masa de halva. După omogenizare, masa de halva se toarnă în forme la temperatura de 50-65 °C și se lasă la răcire în camere cu temperatura de 10-12 °C timp de 48-72 de ore, până când temperatura halvalei ajunge la 40-45 °C, moment în care este trecută la ambalare. În timpul răcirii are loc scurgerea unei părți din ulei și care este recuperat, fiind apoi reintrodus în procesul de fabricație.

12.9. Tehnologia de obținere a extractelor proteice din soia

Extractele proteice din soia sunt folosite la fabricarea unor preparate din carne, la furajarea animalelor, proteinele vegetale fiind mai ușor asimilate de către organism și contribuie astfel la reducerea nivelului colesterolului. Ca materie primă se folosesc turtele rezultate de la extragerea uleiului sau boabele de soia aplatizate și care măresc suprafața de schimb de substanță. Obținerea derivatelor de soia se realizează în instalații complexe în două etape: în prima etapă se face extragerea proteinei din fulgii de soia și prelucrarea restului de material până la uscare (fig. 12.27), iar în etapa a doua, extractul proteic este prelucrat până la obținerea de produs finit sub formă de izolat proteic de soia (fig. 12.28).

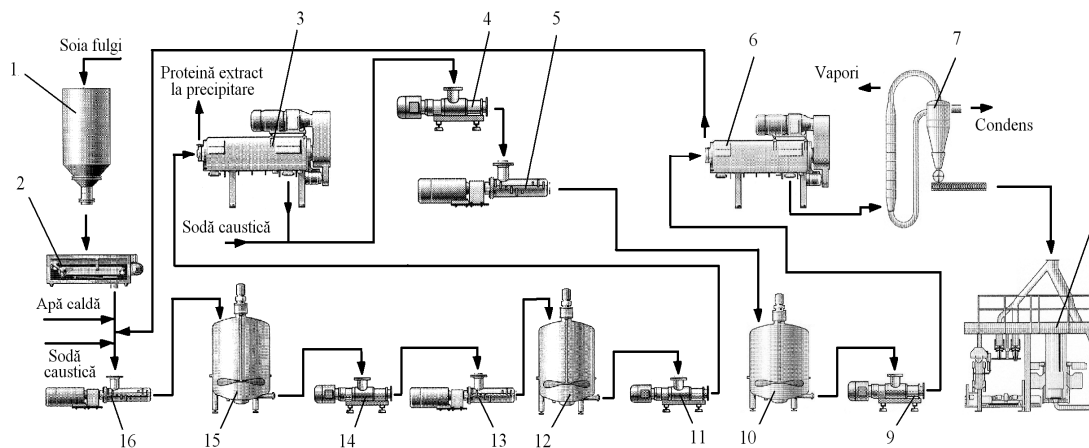


Fig. 12.27. Schema liniei tehnologice de extracție a proteinei din soia

Materia primă din buncărul de alimentare 1 este mărunțită în moara 2 și amestecată cu apă caldă și soluție de sodă caustică în amestecătorul 3, de unde ajunge în rezervorul cu agitator 15 în care are loc procesul de separare a proteinelor din masa solidă. Procesul se desfășoară în două trepte, fiind continuat în rezervorul cu agitator 12, trecut în prealabil de pompa 14 prin malaxorul 13, de unde masa este pompată la decantorul centrifugal orizontal 3. Aici are loc separarea proteinei extrase în soluție și care merge la prelucrare, respectiv fracția solidă care, tratată cu soluție de sodă caustică, este preluată de pompa 4 și după mărunțire și omogenizare în malaxorul 5, ajunge în rezervorul 10, rezervor tampon cu agitare pentru a evita sedimentarea fracției solide. De aici amestecul este trimis sub presiune de pompa 9 la decantorul centrifugal 6, unde soluția de sodă caustică este separată și reintrodusă în circuit, în timp ce turtele cu fracția solidă sunt uscate în uscătorul 7, fiind eliminate urmele de apă rămase, materialul uscat, bogat în substanțe nutritive, fiind trecut la mașinile de ambalat și de aici trimis către fermele de animale unde este folosit ca furaj.

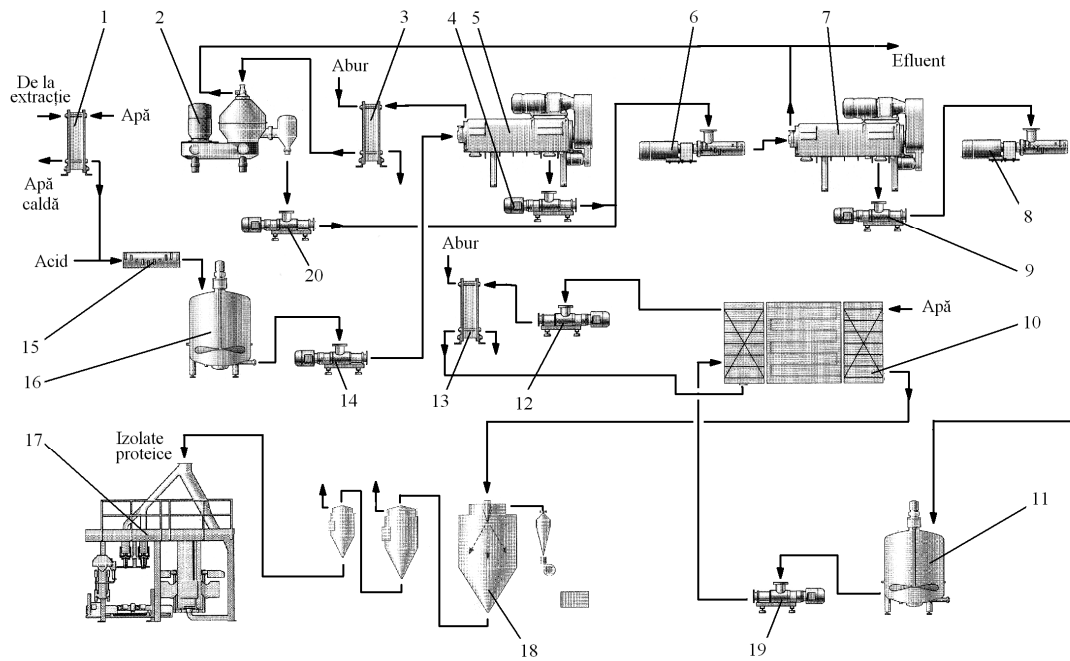


Fig. 12.28. Schema liniei de prelucrare a extractului proteic de soia: 1- 1,3,13- schimbător de căldură; 2- separator centrifugal; 4,9,12,14,19- pompă; 5,7- decantoare centrifugale orizontale; 6,8- malaxor; 10- bloc tratare UHT; 11,16- rezervor cu agitator; 17- stație de ambalare; 18- uscător

Extractul proteic rezultat de decantorul centrifugal este trecut la etapa de precipitare și separare din soluție. După tratamentul termic se adaugă acid care aduce soluția de proteină la punctul isoelectric, moment în care precipită și este separată în decantoarele orizontale și în separatorul centrifugal, efluentul fiind îndepărtat. După alte tratamente termice, incluzând și unul UHT, masa de izolat proteic este pulverizată și uscată instantaneu în uscător, de unde pulberea este ambalată și expedită.

XIII. TEHNOLOGIA CĂRNII ȘI A PRODUSELOR DIN CARNE

Industria cărnii și a produselor din carne folosește ca sursă de carne rasele de animale și păsări, crescute pentru producția de carne sau mixte, precum și animalele și păsările crescute în special pentru producerea de lapte, lână sau ouă și care se sacrifică în abatoare specializate.

Rasele de animale și păsări sunt de proveniență locală, importate sau ameliorate, în prezent fiind crescute mai ales rasele ameliorate, care obțin sporuri de creștere ridicate. Dintre acestea ponderea cea mai importantă în asigurarea cărnii o constituie bovinele, porcinele, ovine și galinaceae.

13.1. Tehnologia de abator

Tăierea animalelor și păsărilor se realizează în abatoare specializate, având o serie de particularități în raport cu specia, după schema tehnologică generală din figura 13.1.

Examenul veterinar urmărește depistarea animalelor care sunt bolnave sau suspecte de boală și izolarea acestora. De asemenea, se constată starea de stres a animalelor, știut fiind faptul că oboseala, agitația și surmenajul contribuie la infectarea organelor interne cu bacterii intestinale, diminuând calitatea și conservabilitatea cărnii. În acest sens, înainte de tăiere animalele trebuie aduse la echilibrul fiziologic, fiind supuse o perioadă de timp la un regim normal de hrănire și odihnă.

Spălarea generală sau parțială a unor animale are ca scop îndepărtarea urmelor de dejecții, pământ sau furaj, care în contact cu carnea pot determina infectarea ei. Totodată pot fi îndepărtate microorganismele și paraziți care se localizează pe pielea și în blana animalelor.

Asomarea animalelor este operația ce are ca scop o insensibilizare a acestora, prin scoaterea din funcțiune a sistemului nervos central. În aceste condiții este ușurată tăierea, animalul nemaisimțind înjunghierea, iar sângerarea este mai bună. Se cunosc mai multe metode de asomare, cele mai utilizate fiind:

- *asomarea prin producerea unei comoții cerebrale*, constă în perforarea boltei craniene prin lovirea cu diverse dispozitive, cel mai des fiind folosit pistolul pneumatic de asomare prevăzut cu tijă metalică;

- *asomarea prin șoc electric sau electro-asomarea*, folosește șocuri electrice care produc paralizia și starea de inconștiență a animalului;

- *asomarea prin intoxicare*, folosind bioxidul de carbon sau substanțe narcotice; asomarea cu bioxid de carbon prezintă unele avantaje în raport cu alte metode, fapt ce a determinat extinderea acesteia.

Jugularea se face în funcție de rasa de animale supusă tăierii și urmărește atât sacrificarea, cât și asigurarea condițiilor de scurgere a celei mai mari părți din sânge, având o importanță deosebită atât din punct de vedere tehnologic, cât și igienic. Sângele trebuie colectat în condiții igienice, întrucât acesta cunoaște multiple posibilități de valorificare.

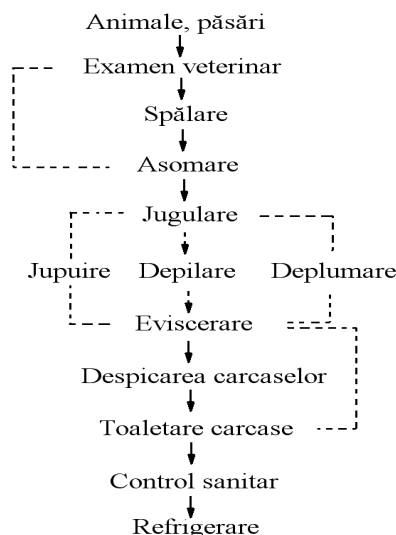


Fig. 13.1. Schema tehnologică de tăiere a animalelor și păsărilor

Jupuirea este operația prin care se îndepărtează pielea de pe animale și ea se execută manual sau mecanizat. Se aplică la speciile de animale la care pielea este prelucrată separat, cu sau fără păr. Jupuirea manuală asigură o calitate superioară atât a pielii, cât și a carcaselor, dar productivitatea este mai scăzută.

Depilarea urmărește eliminarea părului de pe suprafața pielii, în special la porcine, în vederea valorificării carcasei cu șorici. Înainte de depilare, pentru a ușura smulgerea părului, porcii sunt supuși opăririi la temperaturi de 60-65 °C pe o durată de timp limitată la 3-5 minute. În aceste condiții pielea se înmoaie și scade rezistența la smulgere a firelor de păr.

Pentru îndepărtarea restului de păr și pentru sterilizarea șoricului, porcinele sunt supuse operației de pârlire cu flacără a cărei temperatură nu depășește 1000 °C, durata fiind de cca. 10-15 secunde, după care se răzuiesc și se finisează pe mașini speciale.

Deplumarea realizează îndepărtarea penelor de pe corpul păsărilor, fiind folosite diverse metode, în funcție de specie:

- la galinacee se face opărire timp de 2 minute la 52-54 °C și jumulirea pe mașini de deplumat;

- la palmipede se face aburire timp de 2 minute la 85-95 °C, jumulire, imersie într-o baie de ceară topite și finisarea jumulirii.

Eviscerarea constă în extragerea organelor și glandelor din cavitatea abdominală și toracică. La păsări conținutul abdomenului se elimină prin masaj sau cu ajutorul vidului.

Despicarea carcaselor contribuie la ușurarea transportului și a răcirii ulterioare. Operația de despica se realizează cu barda sau fierăstrăul electric.

Toaletarea urmărește obținerea unui aspect comercial corespunzător și presupune îndepărtarea unor părți anatomice, infiltrații de sânge și serozități, ce nu au fost eliminate la eviscerare, urmată de spălarea cu dușuri de apă la 40-43 °C.

Controlul sanitar are rolul de a depista carnea provenită de la unele animale bolnave, ce nu au putut fi identificate la examenul veterinar, precum și carnea infectată cu diverse microorganisme, înainte de tăiere sau pe durata procesului tehnologic. Este asigurată astfel condiția ca materia primă ce urmează a fi prelucrată să fie salubră.

Refrigerarea cărnii este obligatorie pentru atenuarea proceselor microbiologice care se desfășoară în carne și ea poate lipsi din fluxul tehnologic doar atunci când carcacele sunt prelucrate imediat după sacrificare. Pentru evitarea apariției fenomenului de cold shortening (întărirea la rece) carnea este condiționată prin păstrarea timp de 9-10 ore la temperatura de 12-14 °C, după care se introduce în agregatele frigorifice de refrigerare.

13.2. Materii prime și auxiliare folosite în industria cărnii

Pe lângă carne, ca materie primă de bază, în industria cărnii se utilizează și alte materii prime și auxiliare, având ca obiectiv îmbunătățirea gustului, conservabilității sau a unor proprietăți care favorizează desfășurarea proceselor tehnologice.

Carnea, reprezentând țesutul muscular scheletal împreună cu țesuturile care aderă natural (osos, conjunctiv, gras), constituie principala materie primă. După proveniența ei carnea poate fi de bovine, porcine, ovine, caprine sau de păsări, fiind obținută după tehnologii de abator specifice fiecărei rase de animale și păsări.

În raport cu starea termică, carnea se poate prezenta în stare caldă, zvântată, refrigerată sau congelată, trebuind să respecte în toate cazurile condițiile de calitate cerute prin normele specifice.

Subprodusele comestibile reprezentate prin organe și părți anatomice, constituie materia primă la fabricarea unor preparate din carne. Organele (ficat, inimă, pulmoni, creier, limbă) sunt caracterizate printr-o valoare alimentară deosebită, fiind bogate în vitamine, substanțe minerale, proteine și lipide. Părțile anatomice (capete, picioare, șorici, burta de vită, șlung de porc, sânge, mațe) se folosesc în stare proaspătă sau conservate prin sărare, atât la obținerea unor preparate, cât și ca atare.

Grăsimile utilizate provin din slănina cu consistență tare (de pe spatele animalului) și care se poate conserva prin sărare uscată, refrigerare sau congelare.

Uleiurile vegetale sunt de floarea soarelui și soia, fiind utilizate la obținerea unor preparate din carne dietetice, conserve dietetice și conserve pentru copii. Uleiul este o materie auxiliară când se folosește la prepararea sosurilor pentru conservele de carne.

Legumele sunt materii prime ce se folosesc la fabricarea unor conserve mixte, dietetice sau pentru copii, cele mai utilizate fiind: tomatele, ciupercile, castraveții, morcovul, pătrunjelul, țelina, fasolea păstăi și boabe, mazărea verde păstăi și boabe, cartofii, ceapa, ardeii.

Pastele făinoase obișnuite sau superioare se regăsesc în diferite tipuri de conserve de carne, în special la cele destinate copiilor.

Pentru fabricarea preparatelor și conservelor de carne se utilizează o serie de materii auxiliare precum apa potabilă, clorura de sodiu, zahărul, oțetul alimentar, pasta de tomate, stabilizatori de culoare și emulsie, condimente, potențiatori de aromă, membrane și materiale de ambalare.

Pe lângă acestea o largă utilizare în industria cărnii o cunosc derivatele proteice, ce contribuie la îmbunătățirea proceselor tehnologice (asupra texturii și succulenței produselor) și la suplimentarea valorii nutritive prin aportul de proteine.

Tabelul 13.1. Compoziția în aminoacizi esențiali a derivatelor proteice de soia, comparativ cu carnea de bovine (în g/100 g proteină)

Aminoacizi	Concentrat proteic	Izolat proteic	Texturat proteic	Carne de bovină
Fenilalanină	5,3	5,5	4,7	4,02
Izoleucină	4,9	4,8	5,5	5,08
Leucină	8,0	7,8	7,5	8,40
Lizină	6,2	6,0	6,0	8,37
Metionină	1,3	1,0	1,3	2,32
Treonină	3,7	3,7	4,0	4,04
Triptofan	1,3	1,3	1,6	1,10
Valină	4,8	4,8	5,2	5,71

După natura lor derivatele proteice sunt de origine vegetală (glutenul, făina, concentratele, izolatele și texturatele proteice de soia) și de origine animală (lapte praf degresat, praf de zer, cazeina, cazeinații, plasma sanguină, pasta de carne din oase, coprecipitații). Cele mai folosite în practică sunt derivatele proteice de soia, bogate în aminoacizi esențiali (tabelul 13.1).

13.3. Conservarea cărnii

Carnea obținută în urma tăierii este un produs care, datorită conținutului ridicat în apă, substanțe proteice și grăsimi, nu poate fi păstrată în condiții naturale decât un timp limitat, fiind un mediu favorabil dezvoltării microorganismelor.

Microorganismele implicate în alterarea cărnii au temperatura optimă de dezvoltare cuprinsă între 0-30 °C la cele psihofile, între 20-55 °C la germeni și între 50-75 °C la cele termofile, în anumite condiții de umiditate și în prezența oxigenului.

Pentru a sigura o carne salubră și cu valoare nutritivă corespunzătoare, carnea obținută din tăiere se supune unor operații care trebuie să împiedice înmulțirea microorganismelor sau să le distrugă și să elimine purtătorii de germeni.

Conservarea cărnii prin frig. Conservarea cărnii prin tratarea cu frig este cea mai utilizată metodă, păstrând în mare măsură însușirile naturale, frigul acționând pe cale fizică, fără modificări importante ale structurii cărnii.

Distrugerea microorganismelor sub acțiunea frigului este determinată de dereglarea schimbului de substanță și de distrugerea structurii celulare, temperaturile scăzute având de cele mai multe ori un efect bacteriostatic.

Conservarea prin frig urmărește scăderea temperaturii cărnii până la parametrii impuși de condițiile biologice (oprirea reacțiilor biologice proprii produsului sau scăderea vitezei de reacție și oprirea dezvoltării microorganismelor), pentru aceasta fiind utilizate refrigerarea și congelarea.

Conservarea cărnii prin refrigerare presupune aducerea și menținerea ei la temperatura de 0-4 °C în centrul termic, astfel că se asigură o creștere a duratei de păstrare prin reducerea vitezei reacțiilor catalizate de enzime.

Refrigerarea este o operație obligatorie în tehnologia de abator și trebuie aplicată imediat după toaletare, în raport cu specia, forma carcaselor și destinația pe care o are carnea. Datorită temperaturii relativ scăzute, refrigerarea asigură păstrarea cărnii o perioadă de timp limitată.

Metode de refrigerare. În funcție de destinația cărnii, refrigerarea se poate realiza prin mai multe metode:

- refrigerarea directă lentă, realizează răcirea cărnii prin convecție ușor forțată cu aer la 0 °C recirculat, pe durata a cca 30 ore;

- refrigerarea directă rapidă, este cea mai folosită și se aplică într-o singură fază sau în două faze (aer cu temperatura între -5.....-10 °C și viteza de 0,3-3 m/s), procesul desfășurându-se în același spațiu sau în spații separate.

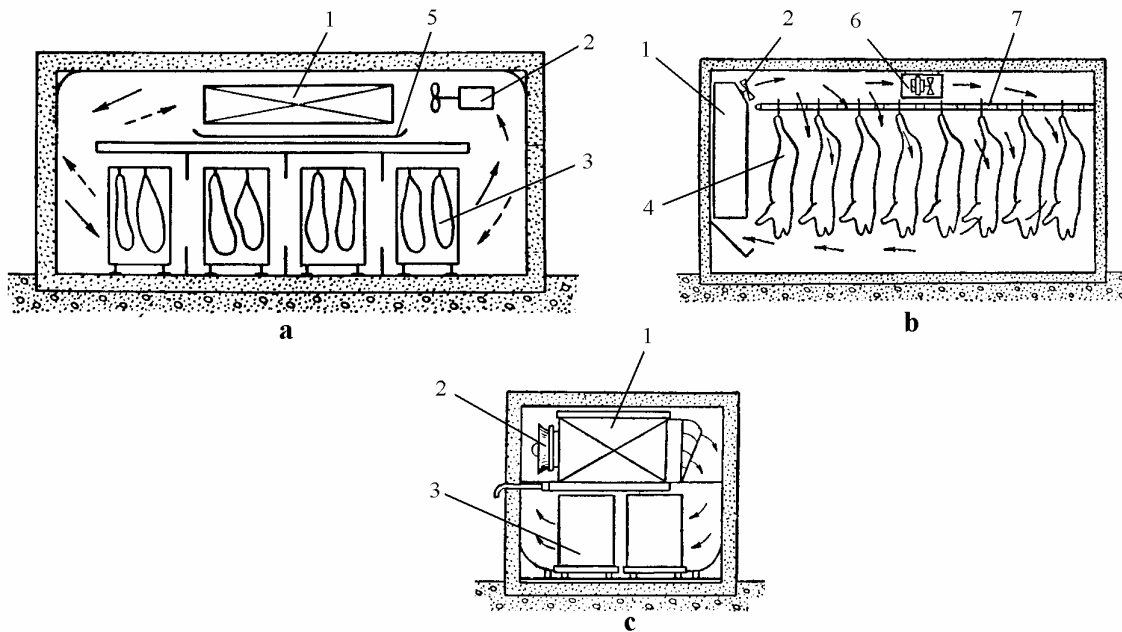


Fig. 13.2. Tunele de refrigerare a cărnii cu aer răcit: a- cu circulație longitudinală; b- cu circulație verticală; c- cu circulație transversală; 1- evaporator; 2- ventilator; 3- cărucior cu produse; 4- carcase; 5- tavă scurgere condens; 6- ventilator auxiliar, 7- transportor suspendat.

În practică refrigerarea cu aer se realizează în tunele de refrigerare (fig. 13.2), dispunerea produselor sau a carcaselor fiind specifică speciei, fie pe cărucioare (fig. 13.2.a și c) fie pe transportoare suspendate (fig. 13.2.b)

Depozitarea cărnii refrigerate se realizează în camere cu temperatura aerului de 0-1 °C, umiditate de 90 % și sisteme de circulare a aerului. Durata de depozitare depinde de specia de animale, carnea pentru consum imediat necesitând 2-4 zile pentru maturare.

Refrigerarea cărnii de pasăre se face în aer (timp de 2 ore cu aer la -3 °C, urmată de depozitare timp de 3-6 zile la 0-4 °C) sau prin imersie (se folosește apă cu gheață și răcire la 0-4 °C).

Conservarea cărnii prin congelare este principalul procedeu de conservare aplicat în industria cărnii. Prin congelare se asigură păstrarea calității și prospețimii, distrugerea a peste 90 % din germeii sensibili și oprirea dezvoltării microorganismelor. Se consideră congelată carnea a cărei temperatură în centrul termic este de -15 C.

Se cunosc diverse metode de congelare a cărnii și care se pot clasifica după mai multe criterii. În raport cu viteza de congelare aceasta poate fi lentă (0,1-1,0 cm/h), semirapidă (1,0-5,0 cm/h), rapidă (5-20 cm/h) și foarte rapidă (peste 20 cm/h), în practica industrială fiind folosită frecvent congelarea rapidă cu aer la $-20\dots-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ și viteza de 2-7 m/s. Ca urmare a acestor condiții cristalele de gheață, a căror mărime, formă și grad de dispersie depind de viteza de congelare, sunt mici și numeroase, localizate în fibra musculară și în contact direct cu coloizii hidrofilii.

În raport cu mediul de răcire și modul cum se face schimbul de căldură, congelarea cărnii se poate face cu aer răcit sau prin contact (cu suprafețe răcite, agenți intermediari, freoni, agenți criogenici), cu refrigerarea prealabilă, cu refrigerare și depozitare prealabilă sau directă.

În figura 13.3 este prezentată schema de principiu a instalației de congelare cu azot. În camera de congelare 1, prevăzută cu capacul rabatabil 2, se introduc produsele 3. Azotul lichid din rezervorul 5 este trimis spre camera de congelare prin conducta 6 prevăzută cu un

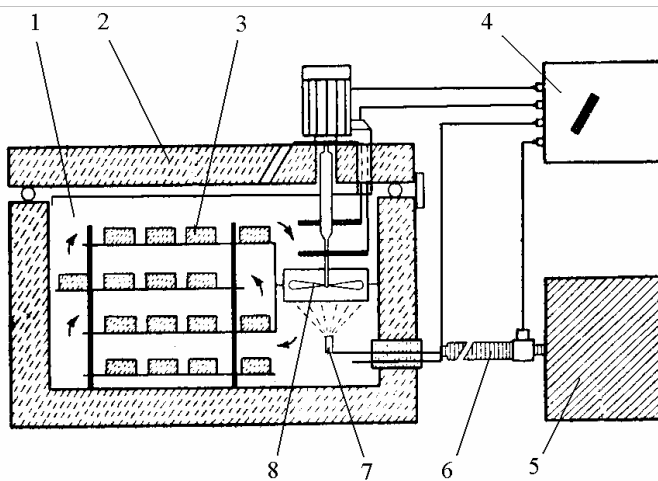


Fig. 13.3. Instalație de congelare cu azot

electroventil de reglare a debitului, comandat de sistemul de comandă automatizat 4. Dispersat de capul de pulverizare 7, azotul este dirijat prin cameră de către ventilatorul 8, spațiile dintre produse permițând un contact direct cu agentul criogenic.

Carnea poate fi congelată sub formă de carcasă, semicarcasă sferturi, părți anatomice mari sau mici, tranșată și preambalată, blocuri dezosate. O situație aparte apare la congelarea cărnii de pasăre care, mai întâi este ambalată în pungi de material plastic vacuumate, după care se congelează în aer răcit, prin imersie sau stropire cu agent criogenic.

În cazul tunelului de congelare cu funcționare continuă (fig. 13.4.) puii sau pasările 2, ambalate în folie de materiale plastice, se așează pe banda transportoare 1, unde sunt stropite cu azot lichid prin duzele 3 în camera de congelare 7. Vaporii de azot rezultați sunt aspirați cu ventilatorul 4 și direcționați către camera de prerăcire 6, prevăzută cu perdeaua 5 care reduce pierderile de vapori în afara instalației.

Conservarea cărnii prin sărare. Cea mai veche metodă de conservare, sărarea poate fi folosită ca metodă de sine stătătoare, dar mai ales ca o fază premergătoare afumării sau uscării. Pe lângă carne se mai conservă prin sărare pieile, glandele și unele părți anatomice.

Clorura de sodiu are efectul de deshidratare prin creșterea presiunii osmotice, iar prin dereglarea metabolismului celular nu mai sunt îndeplinite condițiile de viață pentru bacterii și microorganisme.

În procesul de sărare se utilizează azotați și azotiți care contribuie la formarea culorii cărnii, iar în concentrații de 150-200 mg/kg au efect antibacterian. În lipsa lor se folosește acidul ascorbic, izoascorbic și sărurile de sodiu ale acestora, substanțe cu rol antioxidant și care măresc stabilitatea cărnii.

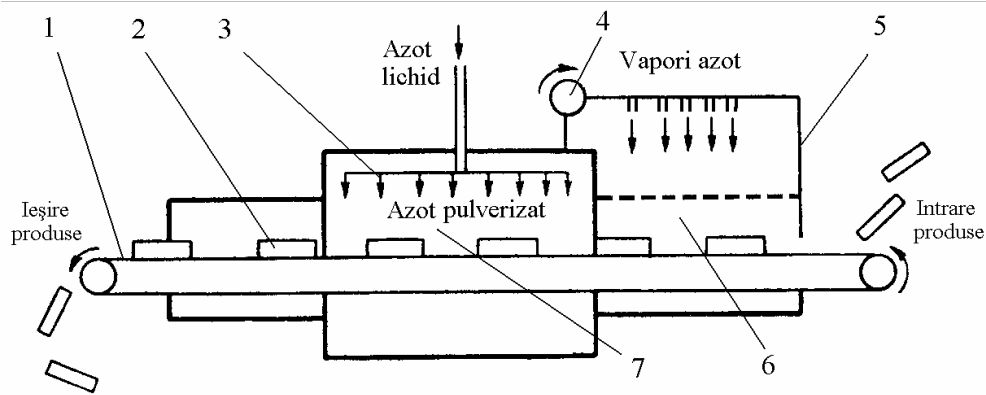


Fig. 13.4. Instalație de congelare continuă cu azot lichid

Sărarea se poate realiza prin mai multe metode, în funcție de modul de utilizare a sării sau a amestecului de sărare.

Sărarea uscată constă în presărarea sării sau a amestecului de sărare, care se dizolvă în apa din stratul superficial al cărnii, difuzând apoi spre interior. Se aplică de obicei la sărarea slăninei, bradtului, șrotului și a altor materii prime destinate fabricării preparatelor de carne, conserve, semiconserve sau specialități.

Tabelul 13.2. Compoziția unor amestecuri de sărare (în kg/100 kg carne)

Ingrediente	Sortimentul fabricat		
	Chopped pork, roll pork	Luncheon meat	Mortadela
Sare uscată	3,100	3,100	3,705
Apă	3,167	2,217	1,208
Polifosfat de sodiu	0,482	-	0,472
Azotit de sodiu	0,017	0,017	0,017
Erisorbat de sodiu	0,054	0,054	0,079
Zahăr	0,105	0,920	0,105

Sărarea umedă se practică utilizând saramură cu adaosuri de azotat, azotit, zahăr și alte substanțe, în proporții ce țin cont de produsele la care se folosește (tabelul 13.2). După modul cum se realizează practic, deosebim:

- sărarea prin imersie, durata de sărare fiind influențată de viteza de pătrundere a sării în țesuturile musculare;
- sărarea prin injectare, se execută în două variante: intramusculară, simplă sau în combinație cu alte metode de sărare și interarterial, în special la fabricarea jambonului cu os;
- sărarea prin malaxare, folosită la pregătirea bradtului, șrotului și la unele specialități; realizează o hidratare superioară a cărnii, în final produsele având o capacitate de feliere mai bună.

Conservarea cărnii prin afumare. Afumarea este operația prin care se imprimă cărnii și preparatelor de carne culoarea caracteristică, gustul, aroma și conservabilitatea specifică. Fumul este un aerosol format dintr-un amestec de aer și produși de ardere incompletă a lemnului, compoziția sa chimică fiind dependentă de natura combustibilului (tabelul 13.3) și condițiile de ardere. Fumul rezultat prin arderea combustibililor este purificat în vederea eliminării particulelor solide care-l însoțesc, pentru aceasta fiind utilizate mai multe procedee (fig. 13.5).

În figura 13.6 este prezentată o instalație de ardere a rumegușului de lemn pentru producerea de fum tehnologic. Rumegușul este trimis în camera de ardere (focar) dozat de un dispozitiv de reglaj al debitului, unde are loc arderea lentă, condițiile de ardere fiind fără flacără

mare (rumegușul este umectat iar focarul este prevăzut cu sistem de răcire), fumul rezultat fiind spălat cu apă pulverizată și trimis către celulele de afumare.

Dintre toți compușii chimici ai fumului cea mai importantă acțiune asupra cărnii o au în special fenolii și alchidele aromatice și ciclice, precum și acidul acetic. Principalele proprietăți ale fumului sunt:

- *acțiune antiseptică*, se manifestă la suprafața cărnii datorită acțiunii bactericide a fenolilor, alchidelor și acizilor;
- *acțiune antioxidantă*, datorată fenolilor cu temperatură de fierbere ridicată, în care se găsesc grupe ale eterilor metilici ai pirogalolului;
- *proprietăți aromatice*, ca urmare a acțiunii reciproce dintre compușii fumului cu aminoacizi și zahăr;
- *proprietăți colorante*; culoarea produsului afumat este principalul indice prin care se apreciază gradul de afumare și depinde de proprietățile fizico-chimice ale mediului de afumat.

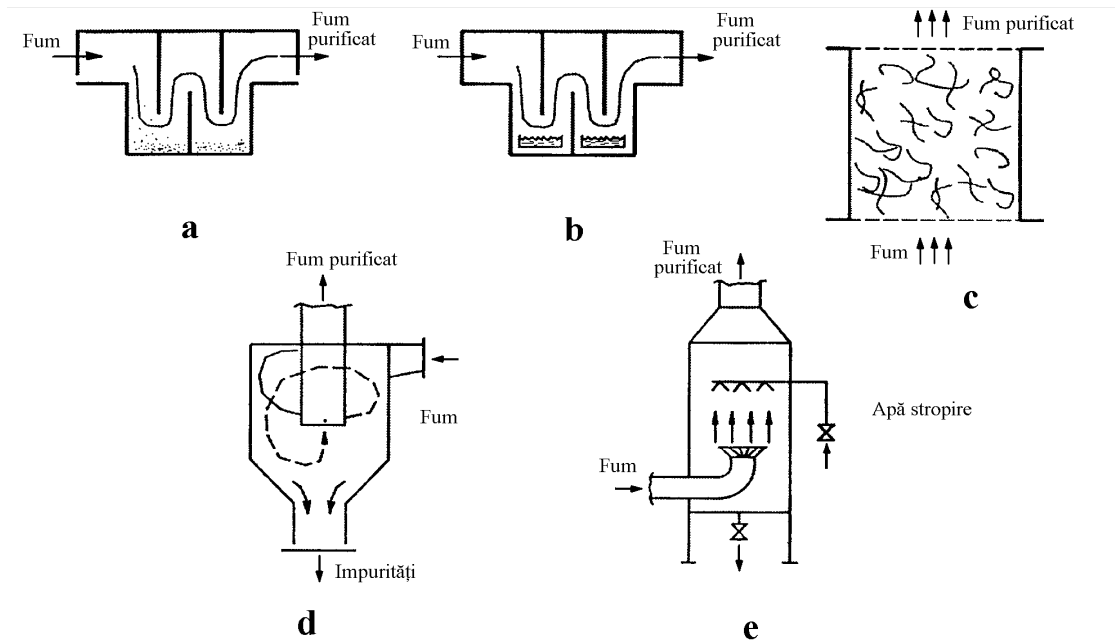


Fig. 13.5. Metode de purificare a fumului: a- decantare uscată; b- decantare umedă; c- ciclon de separare; d- coloană de spălare; e- filtru cu șpan metalic.

Tabelul 13.3. Compoziția chimică a fumului în funcție de natura combustibilului (în % față de conținutul total)

Componentul	Natura combustibilului			
	Fag	Stejar	Mesteacăn	Brad
Acizi (exprimați în acid acetic)	5,24	5,14	4,57	3,74
Fenoli (exprimați în acid carbohic)	0,30	0,30	0,19	0,25
Combinatii carbonilice (exprimat în acetona)	8,69	8,05	8,71	10,84
Formaldehidă	1,10	1,04	0,96	1,43
Acetaldehidă	1,40	1,07	1,16	1,93
Furfurol	0,69	1,57	0,75	1,03
Diacetil	0,61	0,62	0,44	0,83
Aldehidă+diacetil	3,79	4,30	3,31	5,22

Metodele de afumare se diferențiază în funcție de mediul în care se desfășoară procesul, temperatura și durata afumării.

Afumarea în curent de fum se realizează în mai multe variante: în camere cu tiraj natural sau artificial (fumul este produs în camera de lucru), în camere cu fum extern (fumul este produs într-o instalație în afara camerei, filtrat și apoi trimis în cameră) și în câmp electrostatic (prin depunerea substanțelor din fum ionizate pe produs).

Afumarea cu preparate lichide. Preparatele lichide sunt obținute prin “spălarea” fumului cu apă pulverizată, fapt ce permite antrenarea și dizolvarea componentelor utile ale fumului. Lichidul rezultat este filtrat și concentrat prin distilare fracționară, fiind reținută fracția cu temperatura de distilare cuprinsă între 90-100 °C, care dizolvată în apă dă așa-numitul preparat de fum.

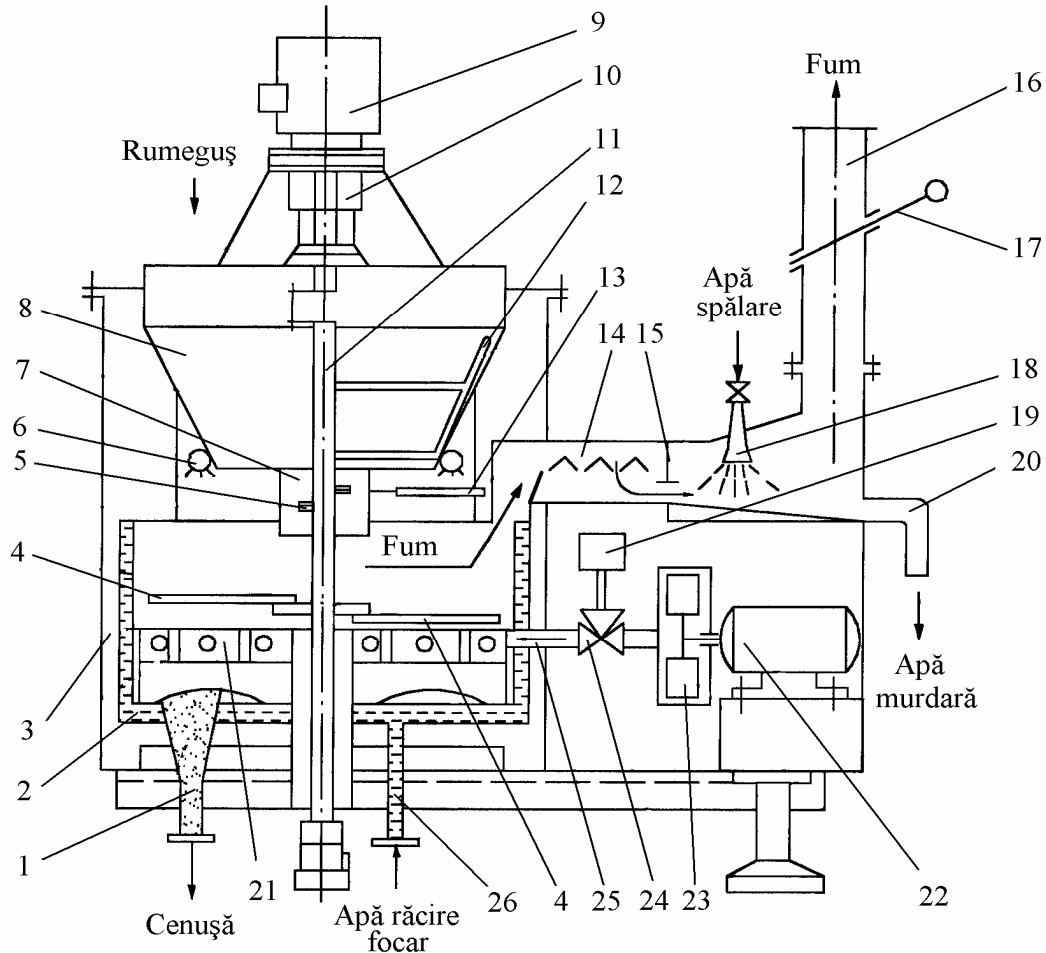


Fig. 13.6. Schema generatorului de fum ATMOS: 1- gură evacuare cenușă; 2- focar; 3- corp generator; 4- palete amestecare; 5- palete alimentare focar; 6- duze cu apă de umezire; 7- tub dirijare rumeguș; 8- buncăr rumeguș; 9- motor antrenare ax agitator; 10- reductor; 11- ax agitator; 12- paletă afânare rumeguș; 13- sertar dozator; 14- cameră purificare fum; 15- perete despărțitor; 16- conductă evacuare fum; 17- șibăr dozare fum; 18- duză spălare fum; 19- releu comandă; 20- evacuare apă murdară; 21- colier injectare aer; 22- motor electric; 23- ventilator; 24- robinet dozare aer; 25- conductă admisie aer; 26- conductă apă răcire focar.

Afumarea cu preparate lichide se face practic prin pulverizarea, stropirea sau imersia produsului, respectiv prin înglobarea preparatului lichid în produs, urmat de tratamente termice sau uscare fără fum.

Fumul rezultat din arderea rumegușului (fig. 13.7) este trimis în camera de spălare unde, prin pulverizarea apei, sunt antrenate și dizolvate componentele utile din fum. Fumul spălat

conține încă o parte consistentă de principii utile și de aceea el este trecut într-o a doua cameră de absorbție, prevăzută cu rame metalice și stropită cu apă recirculată din camera de spălare. Pentru a reține toate componentele fumului, acesta este trecut sub presiune și barbotează apa din camera de barbotare, după care este evacuat în atmosferă. Pentru a reduce consumul de apă și implicit costurile cu concentrarea lichidului de afumare, apa se recirculă din cele trei camere de lucru, până la atingerea unei anumite concentrații în compuși ai fumului, moment în care procesul se oprește iar lichidul rezultat se filtrează și se concentrează în instalații speciale.

În funcție de durata și temperatura la care se desfășoară afumarea produselor din carne, se deosebesc: afumare cu fum cald sau hițuirea (timp de 1-3 ore cu fum la 60-100 °C), afumare cu fum moderat (timp de 12-18 ore cu fum la 20-35 °C) și afumare cu fum rece (timp de 5-15 zile cu fum la 10-18 °C).

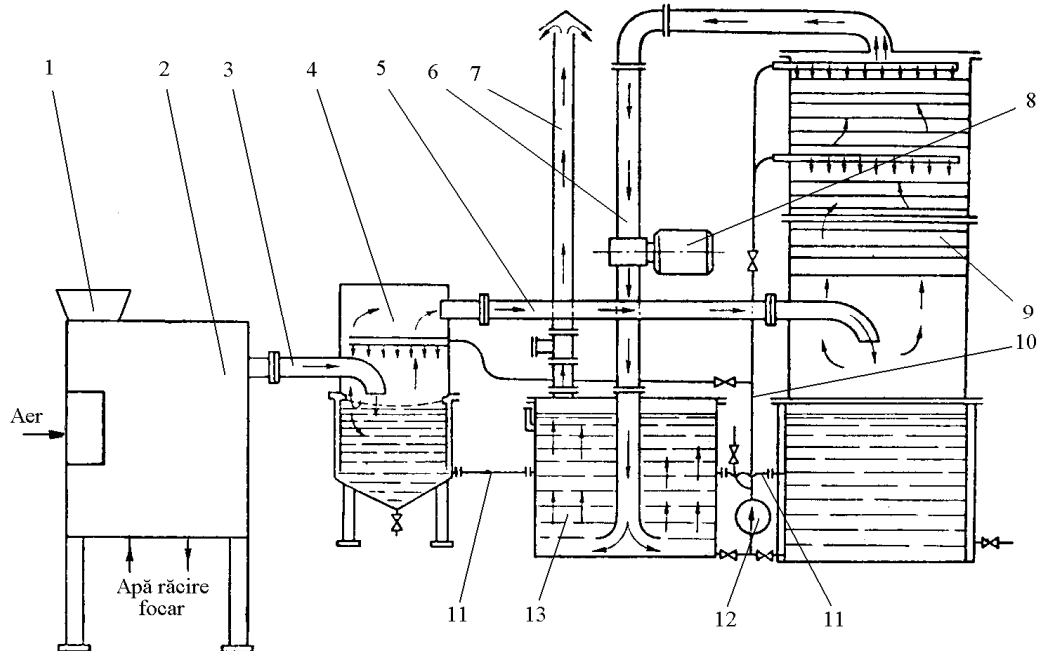


Fig. 13.7. Schema instalației de obținere a lichidelor de afumare: 1- coș alimentare cu rumeguș; 2- focar; 3- conductă fum; 4- cameră de spălare fum; 5,6 - conductă transport fum; 7- coș evacuare fum spălat; 8- eletroventilator; 9- coloană absorbție; 10- conductă recirculare apă; 11- conducte de legătură; 12- pompă recirculare; 13- cameră barbotare.

Conservarea cărnii prin tratamente termice. Prelucrarea termică a cărnii este folosită atât ca metodă de conservare, cât și ca fază pregătitoare, fiind realizată prin fierberea cu apă sau abur, prăjire, coacere și frigere.

Conservarea prin fierbere. Pentru majoritatea produselor din carne fierberea este una dintre operațiile obligatorii și ea contribuie la reducerea numărului de microorganisme, la creșterea digestibilității prin înmuierea texturii, fiind puse în valoare aroma și gustul specific.

Prin fierbere carnea pierde în greutate între 25-35 %, aici fiind incluse apă, substanțe proteice, grăsimi și săruri minerale, pierderile scăzând cu mărimea bucăților de carne.

Conservarea prin prăjire. Prăjirea contribuie, prin îmbibarea cu grăsimi la 140-160 °C, la creșterea valorii nutritive a cărnii. Operația se poate face în ulei sau în untură, transformările pe care le suferă carnea fiind dependente de temperatura și durata de prăjire.

Cele mai importante modificări le cunosc grăsimile, fiind datorate oxidării termice a acizilor grași, cu formarea de produși volatili și substanțe polimerizate. Prin prăjire, o parte din apă se evaporă și întrucât absorbția de grăsime este limitată, produsul se contractă modificându-și densitatea.

Conservarea prin coacere și frigere. Diferența dintre cele două procedee și prăjire constă în nivelul pierderilor (grăsime, proteine, săruri minerale, vitamine). Coacerea și frigerea cărnii determină pierderi medii de cca 12 % în proteine și 24 % în grăsime, în funcție de felul cărnii și regimul termic, fiind mai mici la frigere comparativ cu prăjirea sau coacerea.

Conservarea cărnii prin uscare. Eliminarea unei anumite cantități de apă din carne afectează funcțiile metabolice, până la întreruperea activității vitale a microorganismelor. Totuși deshidratarea cărnii este limitată întrucât sub anumite valori albuminele își pierd capacitatea de a lega apa, procesul fiind ireversibil.

Uscarea este un proces complex, fiind dependent de fenomenul de difuzie sau migrare a apei din produs. Temperatura de uscare trebuie să fie mai mare de 45 °C (sub aceasta este un pericol biologic) și mai mică de 65 °C (valori mai mari produc denaturarea proteinelor, împiedicând rehidratarea).

Carnea se poate usca prin următoarele metode: uscare prin convecție forțată (se folosește drept agent termic aer cald, vapori supraîncălziți sau gaze de ardere), uscare prin conducție (cu suprafețe metalice încălzite), uscare cu radiații (naturale la soare și infraroșii) și uscare cu curenți de înaltă frecvență.

Alte metode de conservare a cărnii. În afară de metodele prezentate anterior, cu largă utilizare în practică, se mai folosesc:

- *conservarea cu radiații ionizante;* se bazează pe acțiunea bactericidă a radiațiilor electromagnetice și a radiațiilor de natură corpusculară, doza de iradiere fiind dependentă de grupa de microorganisme ce trebuie distrusă;

- *conservarea prin liofilizare;* calitatea cărnii uscate prin liofilizare depinde de calitatea și gradul de maturare al materiei prime, temperatura și durata uscării, condițiile de ambalare; nu se recomandă conservarea prin această metodă a cărnii cu un conținut mare de grăsimi;

- *conservarea cu antibiotice;* se bazează pe acțiunea bacteriostatică a lor și se aplică prin imersia sau stropirea produsului cu o soluție de sare în care este dizolvat antibioticul;

- *conservarea cu gaze inerte;* unele gaze precum bioxidul de carbon și azotul, în anumite proporții nu permit desfășurarea proceselor vitale, ele fiind utilizate la conservarea cărnii în asociere cu frigul.

13.4. Tehnologia produselor de tip catering

Sistemul catering constă în producerea pe cale industrială și conservare a unor preparate culinare, comercializate ca atare, în cadrul fiecărui tip de produs fiind realizate o gamă largă de sortimente.

Produsele din carne obținute prin această tehnologie (fig. 13.8) sunt folosite la obținerea unor preparate sub formă de batoane, stiksuri sau chifle, mâncăruri gătite din carne tocată, umpluturi cu carne, fripturi prelucrate prin fierbere, prăjire sau frigere, supe de carne, etc.

Procesul de fabricație a preparatelor culinare cuprinde o etapă de prelucrare inițială (tranșarea cărnii, curățirea și spălarea legumelor, măcinarea materiilor auxiliare), o etapă de prelucrare termică și una de prelucrare cu ajutorul frigului. În urma acestora se obțin semifabricate formate din carne tocată, produse din legume cu umplutură de carne tocată și orez, preparate din carne de oaie și de pasăre.

Pe lângă carne, la obținerea produselor de tip catering se folosesc o gamă largă de legume, fructe, verdețuri, ouă, amestecuri de sărare, făină, condimente, orez, etc. În tabelul 9.4. este prezentată compoziția principalelor sortimente de produse din categoria semifabricatelor din carne tocată.

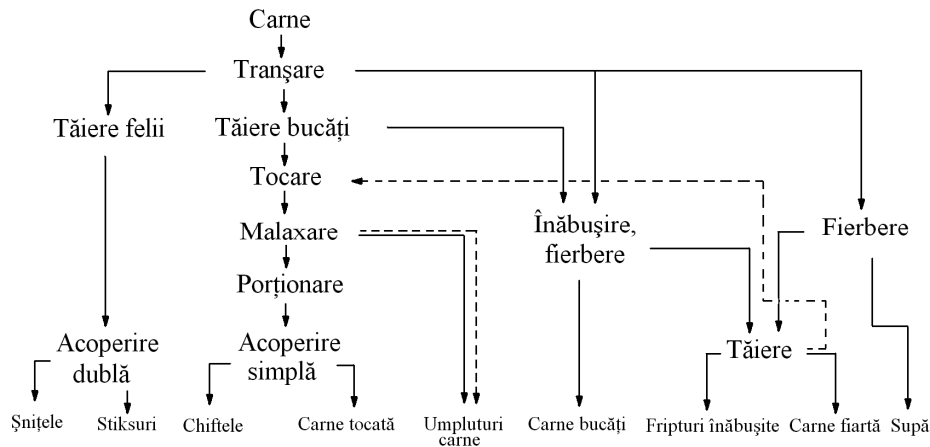


Fig. 138. Schema tehnologică de fabricare a produselor de tip catering

13.5. Tehnologia de fabricare a preparatelor din carne

Preparatele din carne sunt produse cu valoare nutritivă ridicată, ce se pot consuma ca atare, majoritatea lor putând fi păstrate un timp în condiții microclimatice obișnuite.

Tabelul 13.4. Proporția principalelor materii prime la semifabricatele din carne tocată (în %)

Materii prime și auxiliare	Mici	Stiksuri	Chiftele	Mușchi tocat
Carne vită pentru gătit	56	57,3	33,3	36,5
Carne de porc	16	-	18,2	-
Pulpă, spată de porc	-	-	-	29,3
Cimbru praf	0,230	0,200	0,055	0,12
Piper	0,250	0,200	0,055	0,12
Sare	1,00	1,00	1,00	1,00
Ardei iute	0,125	0,5	-	-
Bicarbonat de sodiu	1,00	0,780	-	-
Amestec acoperire	-	0,078	-	1,00
Apă amestec	-	21,0	22,0	24,0
Cartofi	-	-	4,1	-
Morcov	-	-	6,0	-
Ceapă	-	1,94	6,0	9,9
Țelină	-	-	6,0	-
Făină	-	4,2	6,0	-
Verdeață	-	-	3,0	-
Usturoi	2,5	-	-	-
Praf de ouă	-	0,97	-	-
Pesmet	-	9,2	-	-

Numărul mare de sortimente fabricate poate fi împărțit în următoarele categorii de produse: preparate crude (cârnați proaspeți), preparate pasteurizate sau coapte (tobe, caltaboși, lebăvrurști, slănină fiartă), preparate afumate, preparate afumate la cald și pasteurizate (fără structură- parizer, crenvurști și cu structură- salamuri, cârnați), preparate afumate la cald, pasteurizate și afumate la rece (salam de vară), preparate de carne specialități (pasteurizate- mușchi, șuncă, afumate- piept, cotlet, pastramă, afumate la cald și pasteurizate- piept fiert și afumat, ruladă, pasteurizate și afumate- mușchi țigănesc, afumate și uscate- pastramă).

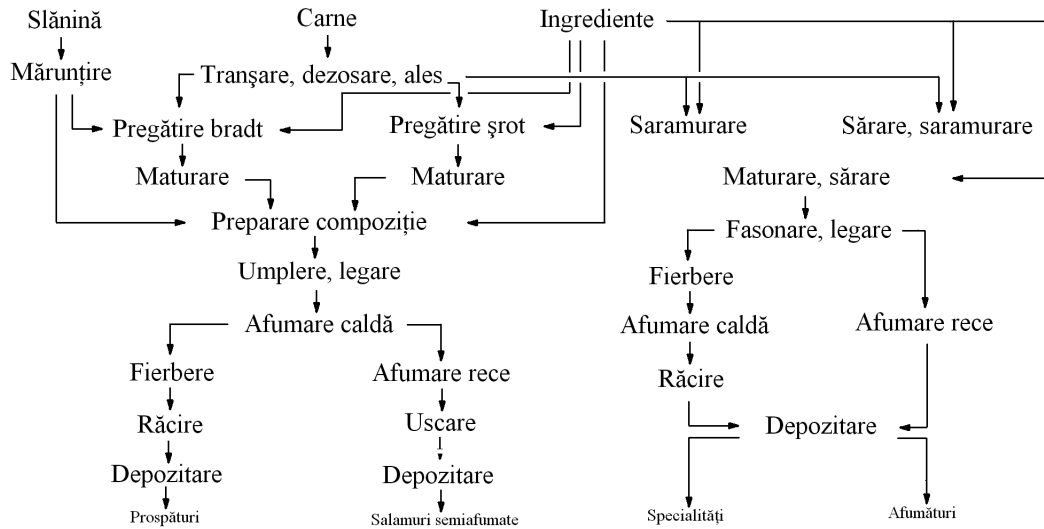


Fig. 13.9. Schema tehnologică de fabricare a preparatelor din carne

Procesul tehnologic de fabricație este bazat pe o prelucrare mecanică a materiilor prime, procese complexe de maturare sub efectul microorganismelor, enzimelor proprii și/sau a materiilor auxiliare, respectiv procese termice de fierbere, afumare, deshidratare (figurile 13.9. și 13.10)

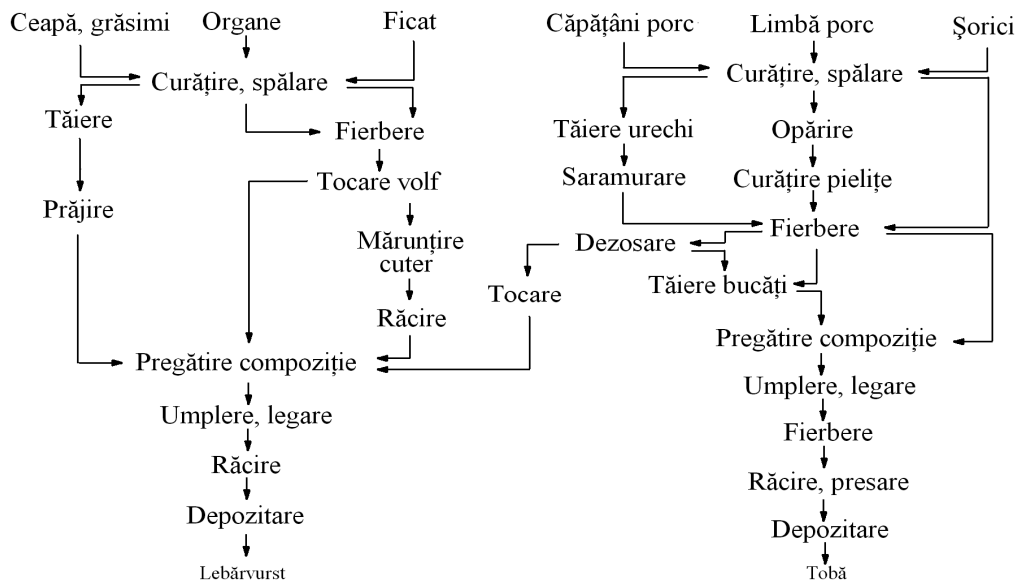


Fig. 13.10. Schema tehnologică de fabricare a preparatelor din subproduse

Materiile prime folosite la fabricarea preparatelor sunt carnea de bovine, porcine și ovine, slămina crudă de porc, organele și subprodusele comestibile de abator. Ele se supun unei recepții cantitative și calitative corespunzătoare normelor sanitar-veterinare, același lucru fiind valabil și pentru materialele auxiliare și materialele ce intră în procesul de fabricație.

Tranșarea, dezosarea și sortarea cărnii. Carnea caldă, refrigerată sau decongelată, sub formă de carcasă sau semicarcasă, este tranșată în porțiuni anatomice mari în funcție de rasa de animale și produsele ce urmează a fi fabricate, este dezosată și sortată pe calități prin îndepărtarea cartilagiilor, grăsimii și flaxurilor.

Pregătirea bradului. Bradul este o pastă utilizată la fabricarea mezelurilor cu structură omogenă sau neomogenă, cu rol de aditiv pentru diversele componente ale umpluturii.

Bradtul se obține prin tocarea mecanică fină a cărnii, în special cea de bovină, mărunțită în prealabil la wolf, pentru asigurarea consistenței pastei, la prelucrarea la cutter se adaugă apă răcită și clorură de sodiu, iar când se prelucrează carne refrigerată se adaugă polifosfați (fig.13.11)

Ca urmare a prelucrării mecanice pasta obținută are în structura sa particule mici de carne, fragmente de țesut gras și conjunctiv, vase sanguine și limfatice, țesuturi nervoase, ce constituie faza dispersată a bradtului. Faza continuă este o soluție electrolică în care sunt dizolvate substanțe organice și anorganice cu masă moleculară mică, substanțe proteice și altele. Între componentele celor două faze se formează o rețea de legături (prin anumite forțe de legătură), produsul final prezentând caracterul de alunecare.

Calitatea bradtului, exprimată prin adezivitate și vâscozitate, depinde de calitatea cărnii (compoziție, structură, pH), temperatura și modul de prelucrare, natura, concentrația și gradul de solubilizare a substanțelor de adaos, capacitatea cărnii de a lega apa, etc.

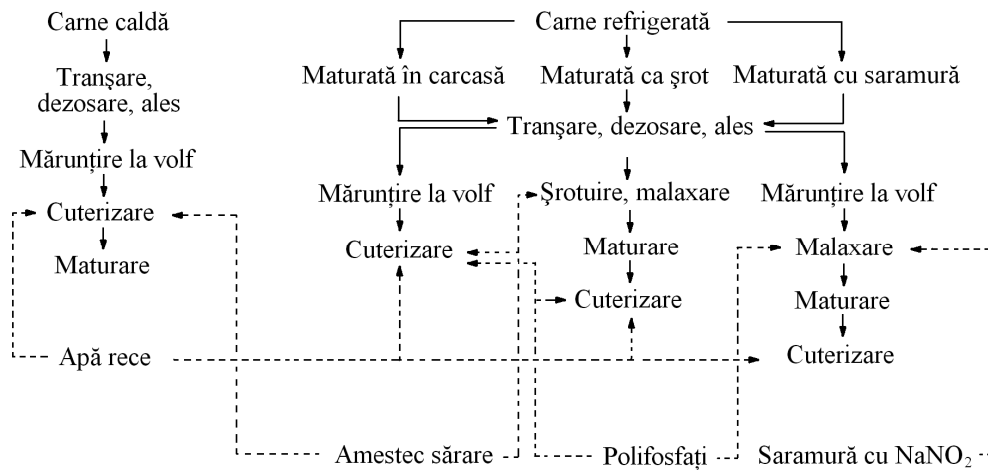


Fig. 13.11. Schema tehnologică de pregătire a bradtului din carne caldă și refrigerată

În procesul tehnologic bradtul este maturat și omogenizat cu o cantitate oarecare de slănină și cu apă răcită sau fulgi de gheață, în vederea obținerii unei emulsii de carne a cărei calitate este definită de: capacitatea de emulsionare, stabilitatea la agregare și stabilitatea la tratament termic. Prin faptul că sunt polielectroliți amfoteri și compatibili cu ambele faze ale emulsiei, proteinele cărnii sunt principalii emulgatori și stabilizatori ai emulsiilor de carne.

Tot în bradt se adaugă și derivatele proteice de soia, utilizate la fabricarea unor preparate din carne. Pentru aceasta se folosește carne sărată și maturată, ce se prelucrează în două moduri: la bradtul din carne de vită carnea se toacă, după care se adaugă izolatul sau concentratul de soia și apoi apa de hidratare, iar la bradtul din carne de porc se hidratează în prealabil izolatul proteic sau concentratul de soia cu apă, până la formarea unui gel omogen, după care se adaugă carnea și se prelucrează în modul obișnuit.

Bradtul se poate obține și din carne congelată, dar pentru a evita operația de decongelare care solicită îndelungat un timp, sunt necesare mașini pentru mărunțit speciale de tip hidroflake.

Pregătirea șrotului constă în tăierea cărnii dezosate și alese pe calități, în bucăți mai mari sau mai mici, în funcție de modul de sărare:

- la sărarea uscată bucățile de carne se amestecă cu amestecul de sărare timp de 10-15 minute, după care se lasă 2-3 zile la 4 °C pentru maturare;

- la sărarea cu saramură ce conțin azotiți și polifosfați, carnea se mărunțește la wolf, se amestecă timp de 15-30 minute cu saramură la 10 °C, după care se lasă 2 zile la maturat.

Prepararea compoziției. Pentru prospături și salamuri compoziția se prepară din bradt, șrot, slănină și condimente, a căror proporție diferă în raport cu sortimentul fabricat. Pentru obținerea unor produse cu anumite dimensiuni ale tocăturii, amestecarea componentelor se face

într-un malaxor, iar la produsele cu pastă fină amestecarea se face direct în cuter. În tabelul 13.5. se prezintă compoziția unor produse semiafumate din categoria salamurilor.

Umplerea și legarea preparatelor. Compoziția formată conform rețetei de fabricație se trece la mașinile de umplut, manual sau mecanic cu pompe de carne și transportoare elicoidale. Umplerea se face în membrane naturale sau artificiale (care în prealabil au fost desărate, spălate, dezinfectate și înmuiate), folosind șpritzuri pneumatice sau hidraulice, de regulă cu vid. Batoanele umplute se clipsează și se leagă cu sfoară pentru a putea fi agățate.

Tabelul 13.5. Compoziția unor salamuri semiafumate

Componentul	Salam Italian	Salam București	Salam Poiana	Salam de vară	Salam vânătorec
Materii prime, în kg/100 kg produs:					
- bradț calitate I	25	30	20	-	-
- bradț calitate a II-a	15	-	-	-	30
- carne vită calitate I	-	20	-	50	-
- carne vită calitate a II-a	-	-	-	-	20
- carne vită calitate a III-a	-	-	-	-	-
- carne porc	-	-	-	-	30
- slănină tare	35	30	65	17	15
- slănină moale	25	20	15	33	5
Condimente, în g/100 kg produs					
- piper/enibahar	200/30	100/50	200/50	140/-	150/30
- usturoi/boia ardei	50/-	100/-	100/-	200/-	100/-
- coriandru/chimion	-	-	-	-	20/-
- nucșoară/zahăr	-	-	-	-/240	-
Apă, max, %	51	55	60	35	52
NaCl, max, %	3	3	3	4	3
Azotați, în mg/100 g produs	12	12	12	12	12
Membrane, diametrul în mm	50-55	70-80	70-100	55-60	40-60

La afumături și specialități din carne se execută o fasonare prin care se obține forma specifică produsului, urmată de legarea cu sfoară, operație care în unele cazuri ajută și la menținerea formei.

Prelucrarea termică a preparatelor din carne constă, după caz, în afumare caldă, fierbere sau afumare rece, având drept scop solubilizarea unor substanțe proteice și îmbibarea lor cu compuși aromați din fum, pasteurizarea produsului, precum și o deshidratare parțială a sa.

Afumarea caldă se face în celule prin care circulă fum cald la 75-90 °C, timp de 20-60 minute, diferențiat în funcție de sortimentul fabricat.

Fierberea este realizată cu abur staționar în celulă sau cu aer umed recirculat. Temperatura de fierbere în celulă este de 75 °C, maxim 80 °C, fierberea fiind considerată terminată atunci când temperatura din mijlocul produsului este menținută timp de 10 minute la 68-72 °C.

Răcirea produselor la temperaturi mai mici de 35-37 °C se face sub dușuri cu apă rece timp de 15-30 minute, operația fiind necesară pentru a împiedica dezvoltarea unor germeni, zbârcirea sau încrețirea membranelor.

Afumarea rece se realizează la temperatura de 45-48 °C, produsele fiind supuse unei zvântări timp de cca 10 minute, urmată de afumarea propriu-zisă cu fum rece timp de 20-120 minute, în funcție de sortiment.

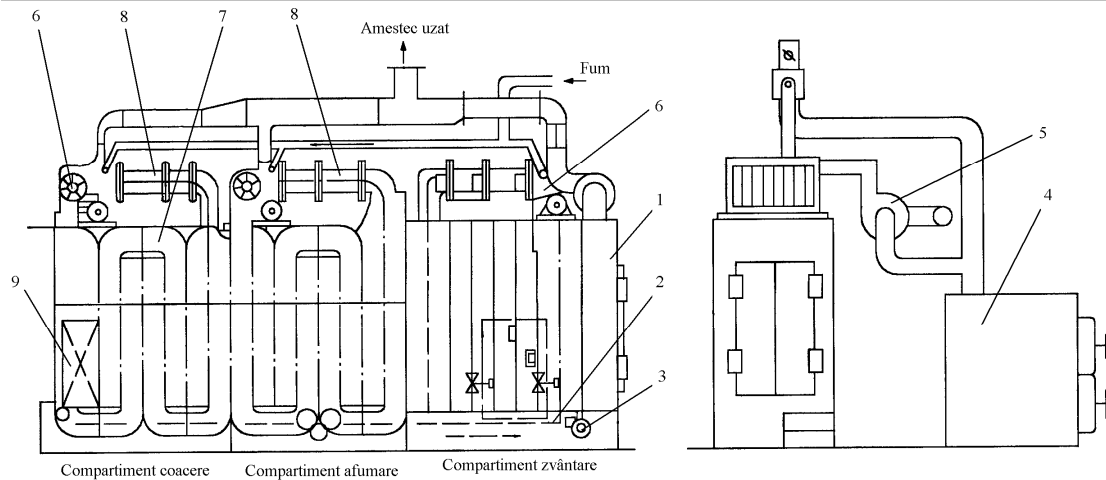


Fig. 13.12. Schema tunelului de afumare tip Petruosek: 1- carcasa metalică cu pereți dubli; 2- transportor inferior; 3- motor acționare cu variator de turație; 4- generator de fum independent; 5- ventilator refulare fum; 6- ventilator admisie agent de afumare; 7- plăci ghidare cărucioare cu produse; 8- schimbătoare de căldură cu abur; 9- cărucioare cu rastel pentru produse.

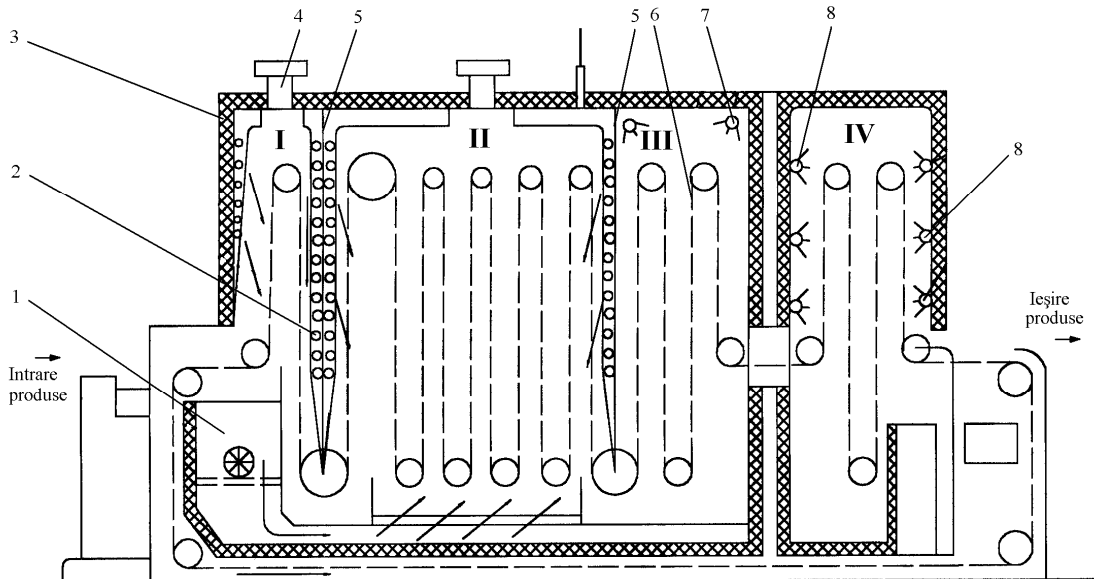


Fig. 13.13. Schema tehnologică a instalației de afumare și fierbere tip Elenici: 1- generator de fum independent; 2- radiatoare electrice; 3- pereți metalici dubli cu izolație termică; 4- ventilatoare reciclare agent termic uzat; 5- perete separare cameră fierbere; 6- transportor cu lanț; 7- duze admisie abur; 8- dușuri răcire cu apă pulverizată.

Preparatele de tip caltaboș, lebărvurst și tobă sunt supuse operației de fierbere la temperaturi de 75-95 °C timp de 40-60 minute, în cazul primelor două și între 120-180 minute în cazul tobei, urmate de răcire la 6-8 °C pentru gelatinizare.

Instalația de afumare tip Petruosek (fig. 13.12) este alcătuită din trei compartimente în care se realizează coacerea, afumarea și zvântarea produselor, fumul necesar fiind produs într-un generator de fum separat. Capacitatea de lucru este de 550-600 kg/h, durata unui ciclu de lucru fiind de 30-40 minute.

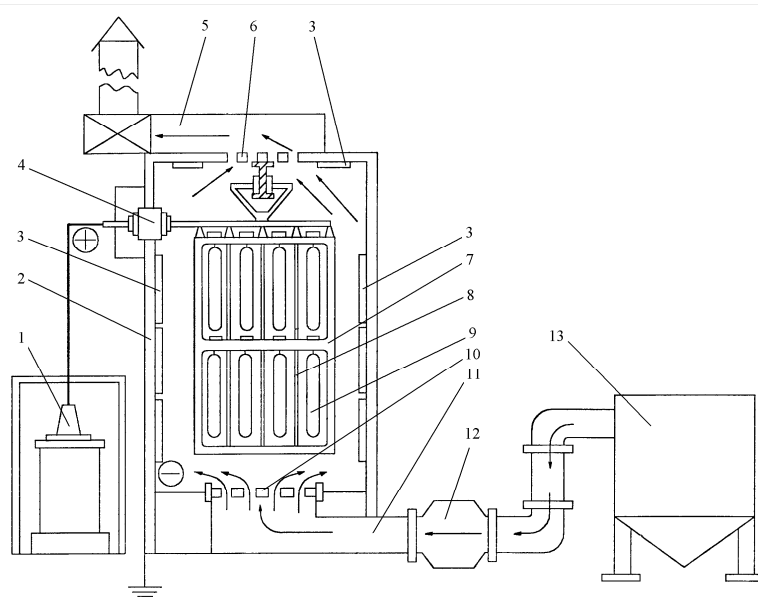


Fig. 13.14. Schema instalației de afumare electrostatică: 1- transformator; 2- celulă de afumare; 3- plăci de radiație infraroșii; 4- regulator electric; 5- conductă de evacuare a fumului; 6- transportor suspendat; 7- ramă de suport pentru produse; 8- produse supuse afumării; 9- rețea de distribuție a fumului; 10- conductă de admisie a fumului; 11- filtru de fum; 12- generator de fum.

Instalația de afumare și fierbere tip Elenici (fig. 13.13) realizează o productivitate de 800 kg/h, cu afumare de până la 100-120

$^{\circ}\text{C}$ și fierbere la 85-90 $^{\circ}\text{C}$, presiunea aburului fiind de 0,2 at. Produsele sunt trecute succesiv prin cele patru compartimente unde are loc: preîncălzirea cu aer în compartimentul I, afumarea cu fum în compartimentul II, fierberea cu abur în compartimentul III și răcirea cu apă pulverizată în compartimentul IV.

Pentru reducerea consumului de fum se poate folosi o instalație de afumare electrostatică (fig. 13.14) în care produsele sunt încărcate electrostatic, iar particulele de fum se depun pe acestea într-un mod uniform, pentru fierberea produselor fiind utilizate plăci care emit radiații infraroșii.

Tehnologia de fabricare a salamurilor crude, de durată. Salamurile crude, de durată sunt preparate din carne la care materia primă este supusă unor procese fermentative, catalizate de enzimele proprii fibrelor musculare, enzime produse de bacterii, mucegaiuri și drojzii utile. Desfășurate pe întreaga durată de fabricație, aceste procese se produc la temperaturi scăzute.

În raport cu procesul tehnologic aplicat se deosebesc următoarele tipuri de salamuri: salamuri crude afumate (caracteristic este salamul de Sibiu), salamuri și cârnați cruzi etuvați și afumați (salam Danez, cârnați de Parma), salamuri crude etuvate și presate (babcic, ghiuden).

Procesul tehnologic de fabricare a salamurilor crude, de durată are în principiu următoarele faze: pregătirea materiei prime (tranșare, dezosare, alegere), scurgere și zvântare, pregătirea compoziției, umplerea membranelor, afumare, maturare și uscare.

Materiile prime folosite la fabricarea salamurilor crude sunt carnea de bovine, de porc, de oaie și slămina de porc. Ele trebuie să corespundă din punct de vedere calitativ unor cerințe specifice privind compoziția și structura, capacitatea de tamponare și reținere a apei, raportul apă/proteine și grăsime/proteine, etc. Atât carnea cât și slămina se refrigerează la 2-4 $^{\circ}\text{C}$ și se păstrează timp de 72 ore pentru a favoriza pierderile în apă.

Ca materiale auxiliare la fabricarea salamurilor crude se folosesc zaharuri (zaharoză, maltoză, glucoză, în procent de 0,2-1 %) ca sursă de energie pentru microfloră, azotați și azotiți, acid ascorbic, izoascorbic, glucano- δ -lactonă, sare și condimente.

Carnea și slămina se supun maturării, pentru a putea lega între ele, după care se toacă mărunt până la finețea dorită, spre final fiind adăugate ingredientele. Pasta obținută este contaminată cu o microfloră formată din mucegaiuri, drojzii și bacterii, cu rol hotărâtor în procesul de înroșire, în formarea acidității și aromei salamurilor.

Un rol foarte important îl au mucegaiurile care contribuie la reglarea schimbului de umiditate și gaze, inhibarea fenomenului de râncețire și formarea aromei.

Umplerea membranelor se execută pe mașini de umplut care realizează comprimarea și dezaerarea pastei, respectiv cu un șpriț prevăzut cu dozator. Membranele naturale sau artificiale

se taie la lungimea necesară și se pregătesc după caz: desărare, spălare, sortare pe calibre, legare la un capăt, scurgere și zvântare, la mațele naturale, respectiv înmuiere, scurgere, zvântare și legare la un capăt, la membranele artificiale.

Maturarea este un proces ce cuprinde fenomenele de înroșire sau fixare a culorii (fixarea oxidului de azot la mioglobină dă naștere la azoximioglobină, substanță care imprimă salamului culoarea roșie), legare a pastei (proces fizico-chimic în care albumina din carne are un rol important) și aromatizare.

Salamurile crude se afumă la rece pe durata a câtorva zile, temperatura fumului nedepășind 12 °C. Calitatea fumului depinde de temperatura de ardere, cele mai favorabile valori fiind cuprinse între 300-500 °C, când sunt puse în libertate suficiente substanțe aromatizante și conservante.

Maturarea și uscarea salamurilor crude se face de obicei la temperatura de 12-14 °C, umiditatea relativă a aerului de 80-83 % și curent slab de aer.

Pe toată durata de fabricație pasta de carne suferă importante modificări de natură fizico-chimică, biochimică și microbiologică.

În fazele de refrigerare, păstrare, scurgere și zvântare în carne are loc scindarea glicogenului, scăderea conținutului în fosfocreatină, eliberarea de amoniac, migrarea ionilor de Ca^{2+} , modificarea elasticității și pH-ului, a capacității de reținere a apei și potențialul oxidoreducător.

Procesul de maturare a cărnii se caracterizează prin modificări profunde ale sistemului proteic, al nucleotidelor și acizilor nucleici, fiind evidențiată o strânsă legătură între unele modificări fizico-chimice și biochimice pe de o parte și frăgezimea cărnii pe de altă parte.

Fazele de afumare, maturare și uscare a salamurilor se caracterizează prin transformări importante la nivelul tuturor compușilor.

În perioada de afumare zaharurile sunt transformate preponderent în acid lactic, iar prin heterofermentație și în produse secundare (CO_2 , acid acetic, alcool etilic), prezența pseudobacteriilor lactice din pastă determinând formarea unei cantități suplimentare de CO_2 . După o perioadă de timp devin predominante procesele oxidative, când se consumă zaharurile reziduale și acizii organici formați. Crește cantitatea de CO_2 format și din cauza apariției alcoolului etilic și aldehydei acetice, produse rezultate prin decarboxilarea acidului lactic și piruvic.

Proteinele suferă o scădere a solubilității pe toată durata afumării și maturării. Are loc o acumulare de aminoacizi datorată enzimelor proprii țesutului muscular, dar și activității proteolitice a microflorei ce contaminează compoziția pastei. O parte dintre aminoacizii liberi sunt folosiți la dezvoltarea unor microorganisme, intrând în circuitul lor metabolic și care reprezintă un ansamblu de procese de sinteză și degradare. Aminoacizii liberi sunt asimilați atât pentru producerea de noi proteine, cât și pentru transformarea în alți compuși prin reacții de oxidoreducere, decarboxilare și dezaminare.

Enzimele acumulate în această perioadă dau fenomene secundare ce constau în reacții de degradare a aminoacizilor, cu formare de amoniac, amine, acizi, aldehide, cetone, etc.

Lipidele din pasta salamului suferă transformări hidrolitice și oxidative. Lipoliza constă în scăderea gliceridelor prin trecerea lor în acizi grași liberi superiori și glicerină, reacție însoțită de hidroliza fosfolipidelor și esterificarea colesterolului, procesul continuând și în perioada de păstrare a produsului finit. Prin oxidarea grăsimii sub acțiunea oxigenului și lipoxidazelor se formează hidroxi-peroxizi, compuși carbonilici și acizi grași liberi inferiori.

Toate aceste transformări au efecte asupra caracteristicilor organoleptice ale salamului. Astfel acizii grași superiori contribuie, prin produșii lor de oxidare (cetone, aldehide, acizi grași inferiori), la formarea gustului și aromei specifice, alături de alte substanțe existente în pastă.

În procesul de maturare-uscarea se produce o scădere continuă a umidității produsului, o creștere a conținutului de clorură de sodiu, precum și o creștere neuniformă a pH-ului. Umiditatea scade de la 55 % în faza inițială la 25 % în zona exterioară a batonului și 39 % în interiorul acestuia. Pasta are un pH inițial de 6,15, în timp ce salamul maturat are un pH de 6,35

în interior și 6,8 la exterior. Conținutul în sare crește după maturare de la un procent inițial de 2,9 %, la 3,8 % în zona exterioară și 5,6 % în zona interioară.

Salamuri crude afumate. În țara noastră se fabrică din această categorie salamul de tip “Sibiu”, după schema tehnologică din figura 13.15.

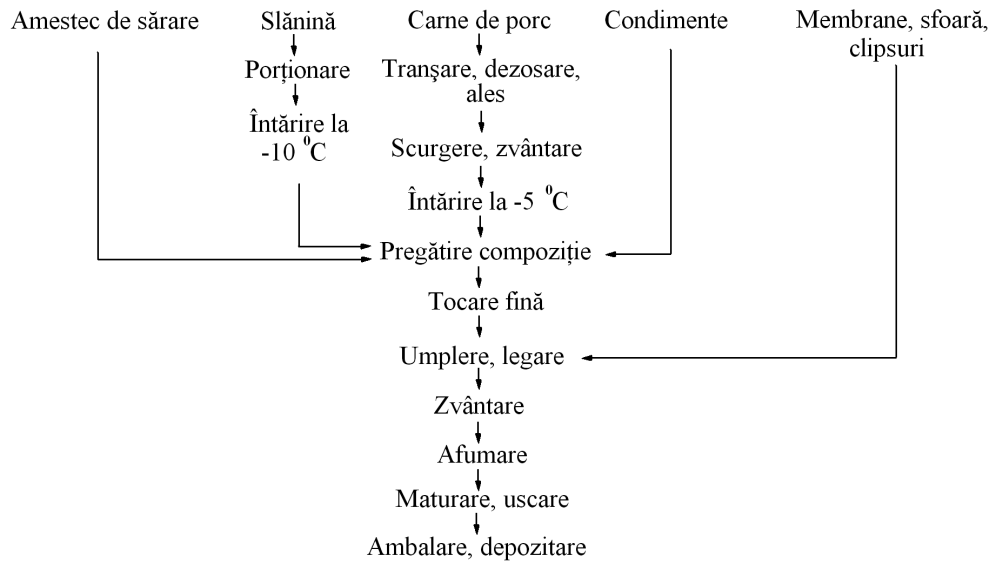


Fig. 13.15. Schema tehnologică de fabricare a salamului crud afumat tip “Sibiu”

Materia primă pentru fabricarea salamului o constituie carnea de porc și slămina tare, refrigerate timp de 12 ore la 2-4 °C. Tranșarea, dezosarea și alegerea cărnii se execută în spații igienice și climatizate la 8-10 °C. După tăierea în bucăți, carnea este amestecată pentru omogenizare și pusă în tăvi perforate. Acoperite cu pânză albă de sedilă, tăvile se introduc în camere climatizate pentru scurgere, zvântare și întărire, respectându-se parametrii din tabelul 13.6. Slămina se alege, se taie în cuburi și se congelează la -7.....-10 °C.

După stabilirea raportului în care se află componentele pastei, acestea se amestecă și se mărunțesc prin cuterizare până la un diametru de cca 2 mm, spre sfârșitul tocării fiind adăugate condimentele și alte substanțe, conform rețetei de fabricație.

Tabelul 13.6. Parametrii etapelor de scurgere, zvântare și întărire

Parametrul	Scurgere	Zvântare	Întărire
Temperatura aerului, în °C	2-4	-1.....+1	-5.....-7
Umiditatea relativă a aerului, în %	85-90	85	80-95
Viteza aerului, în m/s	0,5	0,8	1.0
Durata etapei, în h	48	12	12

După umplere batoanele se zvântă timp de 48 ore în tunele de afumare la 4-6 °C, umiditate relativă a aerului de 80-85 % și circulație moderată, urmată de afumare care se desfășoară timp de 5-10 zile la 9-12 °C, umiditate relativă de 85-90 % și cu circulare a amestecului aer-fum.

Maturarea și uscarea salamului se realizează în depozite speciale cu aer condiționat, în trei faze ce însumează 90 zile, cu temperatura aerului de 12-14 °C și umiditate relativă ce scade de la 85-92 % în prima fază, până la 70-80 % în faza ultimă. La finele acestei operații pierderile în greutate ale salamului ajung la 42 %, iar umiditatea produsului la 35 %.

Salamuri crude etuvate și afumate. Sunt preparate obținute din carne de porc sau bovină, slănină de porc, sare și condimente, umplute în membrane naturale sau sintetice. Aceste produse se supun operației de etuvare urmată de uscarea sau de afumare și uscarea. Din cea de a doua grupă, la noi în țară se fabrică salamuri tip Dunărea, Danez, Bucegi, și cârnați Slănic, Parma sau

Mediaș, caracterizate prin 25-35 % umiditate, 40-45 % conținut în grăsime, 15-25 % conținut în proteine, 4-5 % conținut în săruri minerale.

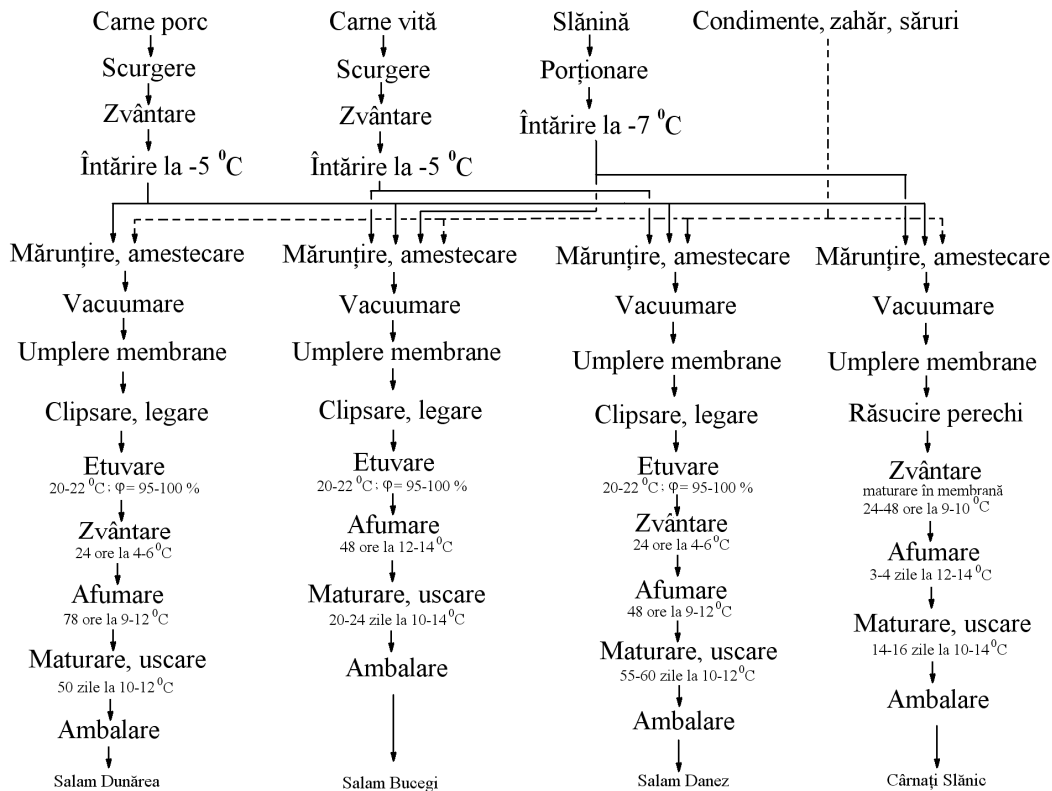


Fig. 13.16. Schema tehnologică de fabricare a salamurilor crude etuvate

Procesul tehnologic de fabricație (fig. 13.16) cuprinde următoarele operații principale: pregătirea compoziției, umplere și legare în membrane, etuvare, zvântare, afumare, maturare și uscare.

Operația specifică acestor produse este etuvarea, care constă în asigurarea unei atmosfere capabilă să absoarbă din salamuri o cantitate determinată de vapori de apă. Etuvarea urmărește, pe lângă reducerea umidității produsului și activarea proceselor microbiologice (mai ales a bacteriilor lactice), contribuind la acidificarea rapidă a compoziției.

Procesul de etuvare se desfășoară în tunele de afumare fără fum și circulație a aerului, timp de 12-72 ore la temperatura de 22-24 °C și umiditatea aerului de 80-85 %.

Salamuri crude uscate și presate. Procesul tehnologic de fabricație este asemănător cu cel al salamurilor crude afumate (fig. 9.17), cu deosebirea că după umplere produsele se supun unei uscări în curent puternic de aer. Din această categorie de produse la noi se fabrică ghiudenu și babilul, materia primă constituind-o carnea de oaie și de bovină.

Ghiudenu se fabrică din 80 % carne de oaie și 20 % carne de bovină. Bine aleasă, carnea se taie în bucăți mici, se așează în tăvi sau recipiente din inox perforate și se lasă la scurs timp de 48 ore la 4-5 °C, urmat de zvântare la -1...+1 °C, umiditatea aerului de 90 % și viteza curentului de aer de 0,2-0,4 m/s, astfel că în final pierderea în greutate este de cca 15 %.

Carnea zvântată se amestecă cu materialele auxiliare (sare, azotat de sodiu, boia de ardei, usturoi, piper, enibahar, cuișoare, etc.) până la omogenizare, după care se toacă la volf. Pasta obținută se presează în tăvi pentru eliminarea aerului și se depozitează în spații răcite.

Umplerea se face în mațe subțiri de bovină care se leagă sub formă de potcoavă, fiind urmată de uscare și maturare timp de 10 zile, interval în care produsele sunt supuse la două presări.

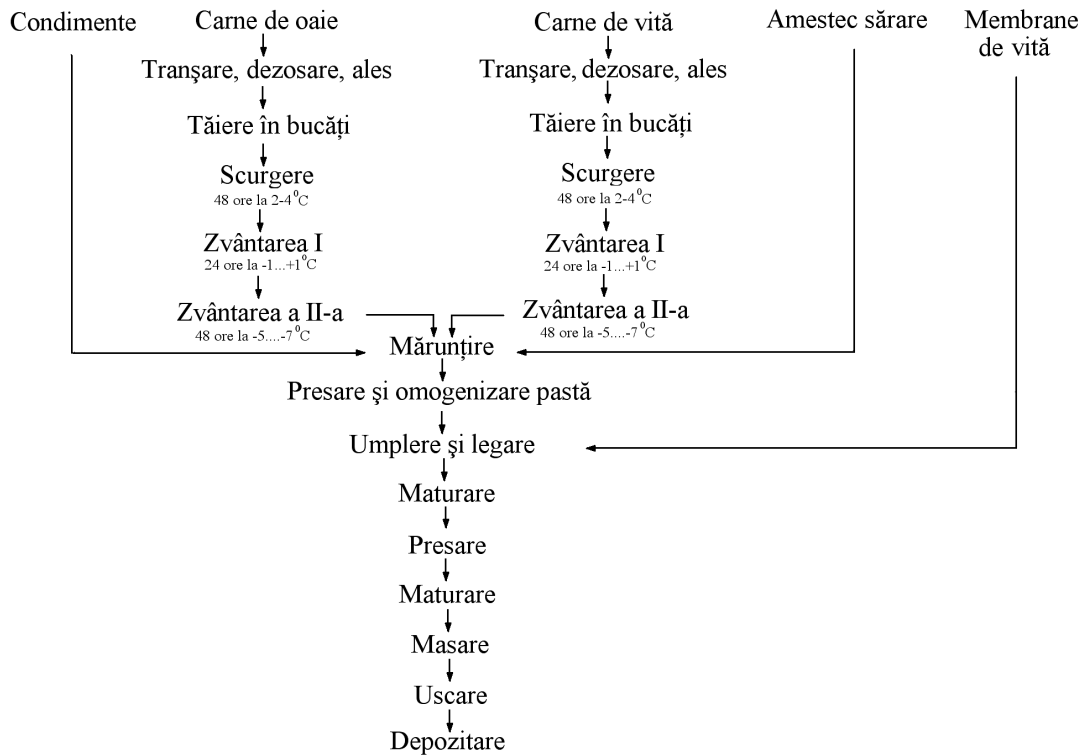


Fig. 13.17. Schema tehnologică de fabricare a salamurilor crude uscate și presate

Babicol se fabrică din 50 % carne de oaie și 50 % carne de bovină. Pregătirea pastei este similară ca la ghiuden, umplerea fiind făcută în rotocoale de vită rezultând batoane lungi de 45 cm.

Faza de maturare începe cu presarea batoanelor timp de 24 ore, după care acestea se pun la uscat timp de 10 zile, perioadă în care se execută o masare și două presări ale batoanelor.

13.6. Tehnologia de fabricare a conservelor din carne

Conservele din carne sunt produse alimentare cu o durată de păstrare mare, ca efect al tratamentului termic de sterilizare la temperaturi ce depășesc 100 °C. Sub formă de mâncăruri sau preparate, produsele sunt distribuite în ambalaje metalice sau din sticlă etanșe, fapt ce permite menținerea în timp a principiilor nutritive ale acestora.

În consum acestea se regăsesc într-o gamă diversificată și care se pot clasifica astfel:

- conserve de carne obișnuite: aici se regăsesc carnea în suc propriu, respectiv carne, costiță, cârnăciori cu orez sau fasole boabe, gulașuri și papricașuri de vită sau porc, ardei umpluți cu carne tocată de vită sau porc, conserve din carne tocată de tip luncheon meat și corned beef, respectiv sub formă de paste precum pateuri, hașeuri;

- conserve dietetice: au în compoziție carne de mânzat dietetică asociată cu legume în suc propriu sau în sos tomat, ardei umpluți cu carne dietetică și chiar rasol de mânzat;

- conserve pentru alimentația copiilor: au o compoziție diversă în funcție de vârsta copiilor (baby food, junior food sau senior food), conținutul fiind supus mărunțirii sub formă de paste pentru o mai ușoară digestie, în care se adaugă principii nutritive și energetice necesare dezvoltării organismului.

Tehnologia de fabricare a conservelor din carne cuprinde operații specifice conform schemei prezentate în figura 13.18.

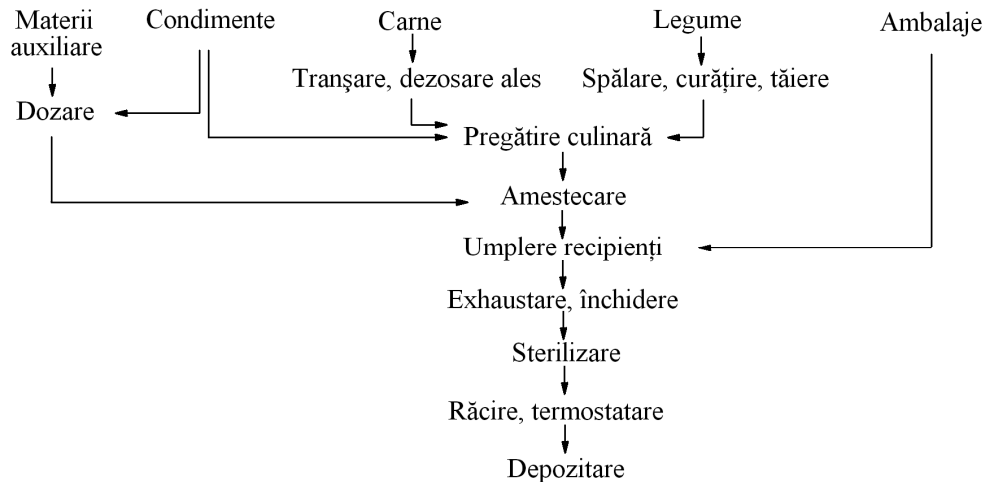


Fig. 13.18. Schema tehnologică de fabricare a conservelor din carne

Materiile prime și auxiliare. Ca materii prime la fabricarea conservelor se folosesc carnea diferitelor specii de animale, organele, produsele secundare rezultate la tăiere și diverse vegetale. Din categoria materialelor auxiliare pot fi menționate: untura de porc, uleiuri vegetale comestibile, pasta de tomate, orezul, ceapa, usturoiul, fasole boabe și păstăi, mazăre boabe, oțet, sare, zahăr, azotiți, condimente, etc.

Prelucrarea inițială a materiei prime. Carnea destinată fabricării conservelor se tranșează, se dezosază și se alege pe sorturi. În funcție de tipul conservei, carnea se taie în bucăți sau se mărunțește la volf, prelucrarea inițială putând include și malaxarea acestora cu amestecul de sare și condimente. O prelucrare inițială specifică necesită organele și părțile anatomice folosite ca materii prime.

Legumele sănătoase și întregi se sortează, se spală cu apă rece, se curăță prin îndepărtarea unui strat cât mai subțire (pentru reducerea pierderilor de vitamine), se lasă întregi sau se taie în diverse forme geometrice.

În același timp se pregătesc și materiile auxiliare prin formarea amestecului de sare, curățirea, măcinarea și amestecarea condimentelor, îndepărtarea corpurilor străine din restul materialelor.

Pregătirea culinară. Pentru a îmbunătăți aspectul și gustul produsului finit, materiile prime sunt supuse unor tratamente culinare precum amestecarea cu condimente, saramurare, blanșare, fierbere, prăjire, frigere, coacere, în funcție de sortimentul fabricat.

Obținerea unor rezultate corespunzătoare necesită respectarea strictă a instrucțiunilor tehnologice de fabricație, care conțin elementele de bază privind modul de realizare a pregătirii culinare.

Umplerea recipientilor. Umplerea se poate realiza manual sau cu mașini dozatoare, în funcție de produsul fabricat, folosind pentru aceasta cutii metalice sau borcane de diverse capacități.

Calitatea unui produs este influențată de modul de umplere sub aspectul conținutului și prin asigurarea condițiilor optime pentru o sterilizare eficientă. În acest caz rețetele de fabricație oferă indicații asupra raportului ce trebuie să existe între partea lichidă și cea solidă, precum și a felului cum trebuie așezate bucățile de carne în recipient.

Exhaustarea și închiderea. Exhaustarea are rolul de a elimina aerul din recipient, întrucât prezența sa mărește viteza de coroziune la cutiile din tablă, produce scăderea valorii nutritive a produsului prin oxidarea lipidelor și vitaminelor, contribuie la dezvoltarea unor microorganisme aerobe, îngreunează sterilizarea.

Inchiderea recipientilor se face în funcție de natura acestora în două moduri: prin fălțuire la cutii metalice și prin presarea capacului la borcane.

Sterilizarea se execută în autoclave, operația cuprinzând faza de încălzire la temperatura de 110-125 °C, faza de menținere sau sterilizare propriu-zisă și faza de răcire la cca 20 °C. Pentru a putea controla efectul sterilizării, recipientele se termostatează timp de 7-10 zile la 37 °C, perioadă de timp în care microorganismele pot realiza o dezvoltare intensă, iar prin gazele degajate în interior produc bombarea cutiilor sau capacelor.

Depozitarea. Conservele sterilizate se păstrează în încăperi curate, lipsite de mirosuri, cu umiditate relativă a aerului de 75 % și temperaturi scăzute, sub 20 °C dar mai mari de 0 °C.

13.7. Tehnologia de fabricare a semiconservelor din carne

Semiconservele sunt produse din carne supuse în prealabil unei conservări prin sărare, fierbere sau afumare, ambalate în cutii etanșe și tratate termic la temperaturi sub 100 °C (pasteurizare), motiv pentru care au un grad de conservare limitat (6-10 luni la temperatura de 2-4 °C).

În această categorie intră un sortiment variat de produse, care poate fi grupat astfel: semiconserve de șuncă (pulpă, spată, cotlet), semiconserve din piept de porc (bacon), semiconserve din carne tocată (chopped pork, roll pork, chopped ham, roll ham, luncheon meat), semiconserve de crenvurști.

Fabricarea semiconservelor de șuncă. Din această categorie fac parte semiconservele preparate din pulpă, spată și cotlet, după schema tehnologică din figura 13.19.

Materia primă provine de la porci din rasele de carne și metișii lor, cu greutatea de 100-110 kg, fără boli infecto-contagioase și de mânzat.

Tranșarea cărnii se face în încăperi termostate la 10 °C, cu unelte și utilaje dezinfectate. Carnea se taie pe părți anatomice începând cu pieptul, continuând cu spata, cotletul și terminând cu pulpa cu os, pentru fiecare din acestea urmând a se executa dezosarea și alesul după culoare (nuanță). Pe măsura alegerii și sortării, carnea este introdusă în camere frigorifice la 2-4 °C, până la utilizarea ei în procesul de fabricație.

Sărarea. Constituie una din cele mai importante operații și se realizează prin metoda uscată, umedă, mixtă sau prin injectare. Pentru aceasta se prepară un amestec de sărare sau saramură în care se adaugă polifosfați, erisorbat de sodiu, ascorbat de sodiu, nitrit de sodiu, în proporții specifice fiecărui tip de produs.

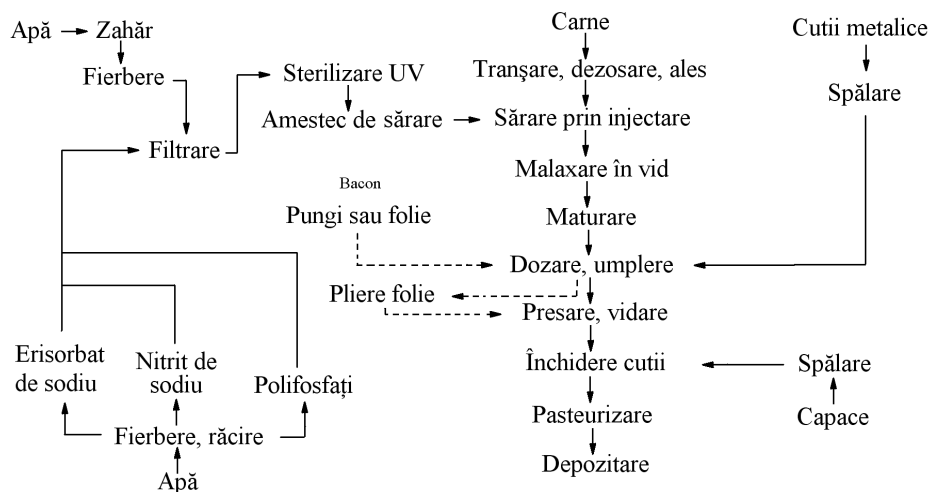


Fig. 13.19. Schema tehnologică de fabricare a semiconservelor de șuncă

Sărarea prin injectare în masa mușchiului se realizează pe mașini de injectat cu ace, această metodă permițând o reducere de cca 3 ori a duratei de sărare, comparativ cu celelalte metode.

Malaxarea și maturarea. Cunoscută și sub denumirea de masare, malaxarea sub vid a cărnii injectate are ca efect migrarea sării în masa de carne și formarea exudatului proteic la suprafața cărnii, prin care se obține legarea bucăților de carne în timpul tratamentului termic. Malaxarea este urmată de o maturare în camere la temperatura de 4-6 °C, timp în care se realizează înroșirea cărnii și îmbunătățirea caracteristicilor organoleptice. Sucul eliberat de carne va fi resorbit printr-o nouă malaxare, perioadă în care prin osmoză se realizează și o egalizare a sării în masa musculară.

În practică se folosesc două variante de malaxare și maturare ce diferă între ele prin tipul malaxorului utilizat (tip KS sau betonieră, respectiv cu program).

Umplerea și închiderea cutiilor. Umplerea cutiilor se desfășoară în încăperi cu temperatura de 10 °C și utilaje dezinfectate. Bucățile de carne se așează în forme de oțel inoxidabil, cu fibrele dispuse după axul longitudinal al formei, fiind în așa fel suprapuse încât să nu existe goluri între ele.

Forma cu carne astfel obținută se răstoarnă într-o presă cu vid, fără a se afecta aranjarea inițială a bucăților de carne. Presa execută comprimarea și modelarea bucăților de carne, eliminarea gazelor și transferul cărnii presate, sub presiune, în cutia metalică peste care s-a tras o pungă din material plastic cu același format.

Înainte de umplere, cutiile metalice se spală la interior cu apă rece, apoi cu apă caldă la 83 °C și se scurg, transportul lor fiind executat cu gura în jos.

Cutiile se închid pe mașini speciale la un vid cuprins între 680-700 mm col. Hg, în funcție de capacitatea lor, după care se așează cu capacul în jos spre a se putea verifica etanșeitatea acestora. Pentru a evita pătarea tablei, cutiile etanșe se ung la suprafață cu un ulei special, după care sunt trimise la pasteurizare.

Pasteurizarea asigură semiconservelor distrugerea formelor vegetative ale microflorei, stabilitatea culorii, frăgezimea necesară cărnii și păstrarea valorii nutritive. Regimul termic trebuie astfel ales încât în centrul cutiei să fie menținută timp de 10 minute temperatura de 70 °C.

Răcirea conservelor după pasteurizare urmărește scăderea temperaturii în centrul termic al produsului sub 30 °C, operația realizându-se fie direct în autoclave, fie în celule folosind dușuri cu apă.

Fabricarea semiconservelor din carne tocată. Din această categorie se fabrică sortimentele de tipul chopped pork și roll pork, după schema tehnologică din figura 13.20.

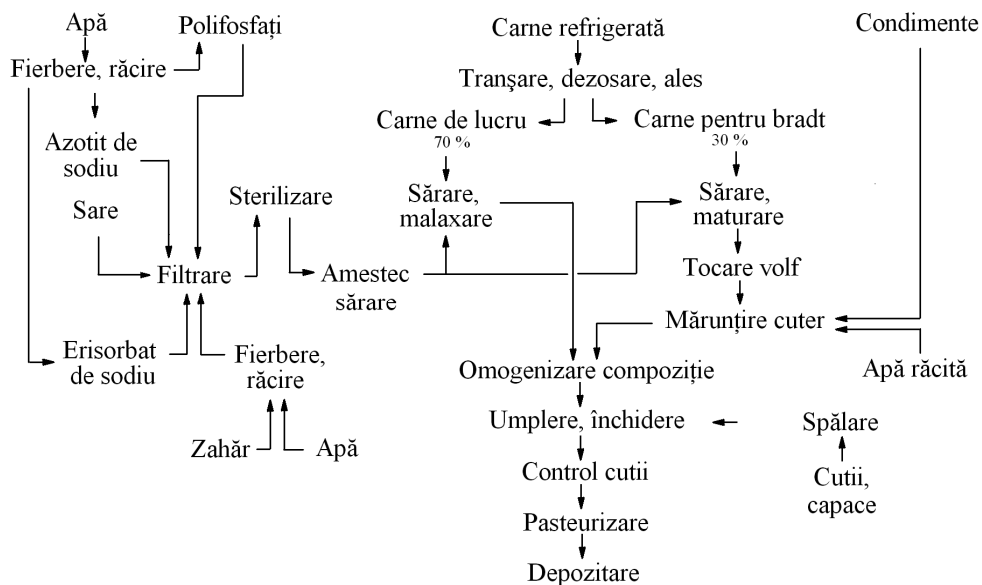


Fig. 13.20. Schema tehnologică de fabricare a semiconservelor tip chopped pork și roll pork

La fabricarea acestor produse se folosește carnea de porc rezultată din alesul și fasonarea tuturor părților anatomice, din care se îndepărtează excesul de grăsime și flaxurile. Pentru obținerea bradului se folosește carne sărată și maturată, tocată la volf și mărunțită la cuter, fază în care se adaugă condimente și apă răcită sau fulgi de gheață.

Bucățile de carne maturare și bradul se amestecă într-un malaxor cu vid timp de 10 minute, compoziția omogenă astfel obținută fiind trecută apoi la șprițurile de umplere sub vid. Închiderea cutiilor se execută sub vacuum pentru a evita golurile de aer din compoziție și este urmată de un control al etanșeității lor.

Pasteurizarea semiconservelor se face după un regim termic specific fiecărui sortiment fabricat, cu asigurarea unei temperaturi în centrul termic de 70 °C. Cutiile pasteurizate sunt răcite, unse cu ulei special și depozitate în încăperi cu temperatura de 0-4 °C.

Fabricarea semiconservelor din crenvurști. Crenvurștii se pot conserva mai bine în cutii închise ermetic supuse pasteurizării, sub formă de crenvurști în saramură, crenvurști vienezi, frankfurteri la cutie, etc.

Crenvurștii se prepară din 40-70 % brad tare de vită maturat, 20-30 % slănină tare conservată și tocată, 10-30 % carne de porc tocată. În faza de cuterizare se adaugă apă și condimente până se obține o pastă consistentă. Umplerea se face în mațe subțiri de oaie, după care crenvurștii sunt supuși unei afumări la cald (cu fum la 40-70 °C).

După afumare crenvurștii se șterg și se introduc în cutii, peste ei fiind turnată saramură. Cutiile închise se pasteurizează la 75-95 °C, în funcție de sortimentul fabricat.

13.8. Tehnologia de obținere a concentratelor din carne

Concentratele din carne sunt produse alimentare cu o componență ce include grăsimi, săruri minerale, adaosuri de diverse legume, deshidratate până la o umiditate care nu permite dezvoltarea microorganismelor. În practică se produc trei categorii de produse, respectiv supe naturale, supe hidrolizate și concentrate alimentare mixte. În figura 13.21 este prezentată schema tehnologică de producere a supelor naturale și a supelor hidrolizate.

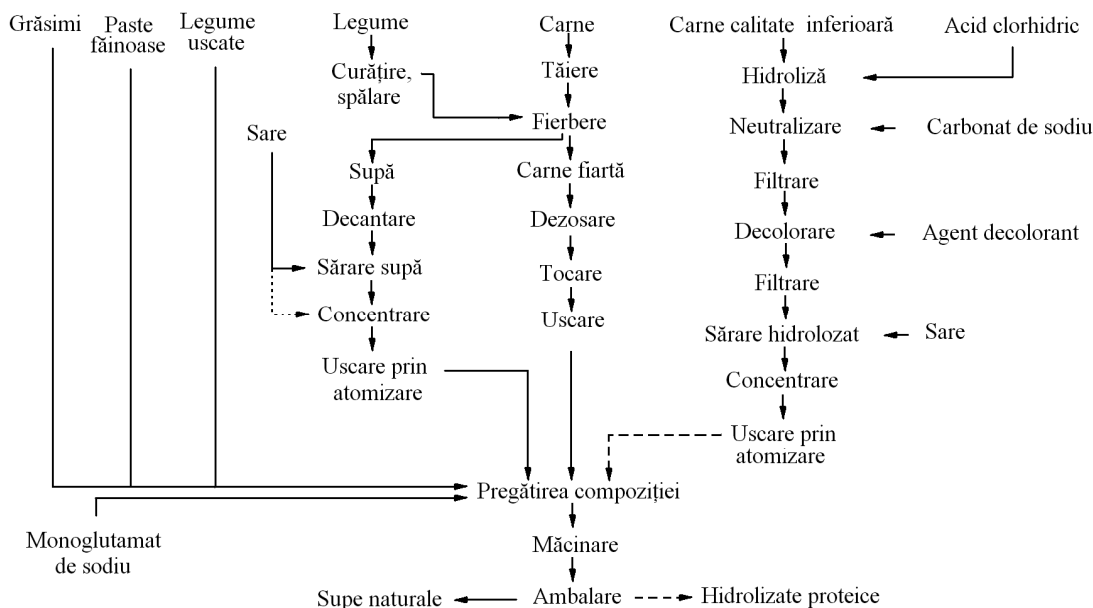


Fig. 13.21. Schema procesului tehnologic de fabricare a concentratelor din carne

Materia primă pentru obținerea supelor naturale o reprezintă carnea de vită cu oase și de pasăre în proporție de 25 %, legume în procent de 10 % și apă în procent de 65 %.

După fierberea în autoclave timp de aproximativ o oră, carnea fiartă se separă de legume și după dezosare se toacă la volf, apoi se usucă în uscătorul sub vid, sub această formă fiind adăugată în produsul finit.

Supa propriu-zisă este trecută la decantare timp de o oră, concentrată în instalații de concentrare în vid (la o temperatură maximă de 40-45 °C) până la 10 % substanță uscată. Produsul se amestecă cu sare astfel ca după deshidratare concentrația în sare să fie de 60 %, urmând a se usca prin atomizare la 97 % substanță uscată. Pulberea rezultată se amestecă cu alte componente, se macină și se ambalează în materiale impermeabile.

Hidrolizatele proteice se obțin din carne de calitate inferioară, subproduse de abator sau din carnea rezultată de la fabricarea supelor naturale, în urma hidrolizei acide, urmată de neutralizare și decolorare a produsului rezultat.

Materia primă se introduce într-o autoclavă, unde se adaugă acidul clorhidric și se produce hidroliza la 120 °C cu agitare continuă, pentru mărirea eficienței în autoclavă fiind realizată o depresiune. După terminarea hidrolizei, molecula proteică este scindată și trece în stare solubilă, o parte din materia primă trece în compuși melanoidinici insolubili în apă și acizi care, trebuie îndepărtați. Pentru aceasta se face neutralizarea cu carbonat de sodiu la un pH de 5,5-6,0, urmată de filtrare, respectiv decolorare cu agent decolorant și o nouă filtrare, rezultând hidrolizatul lichid.

Adăugarea de clorură de sodiu se face înainte de concentrare, unde se concentrează la circa 50 % substanță uscată și apoi hidrolizatul se usucă prin atomizare la 95-97 %, în continuare urmând același traseu tehnologic ca în cazul supelor naturale.

13.9 Tehnologii de prelucrare a subproduselor și deșeurilor din industria cărnii

În urma procesului de abatorizare și de prelucrare industrială a cărnii rezultă subproduse și deșeuri cu valoare nutritivă ridicată, o clasificare a lor în funcție de proveniență fiind următoarea:

- subproduse și deșeuri de abator;
- subproduse și deșeuri de la prelucrarea cărnii.

În grupa subproduselor se regăsesc capul de la animale cu părțile componente, organe interne, picioare, copite, coarne, coada, oase, sânge, glande endocrine, grăsimile, intestine, stomac, etc.

Din grupa deșeurilor, care sunt resturi necomestibile, se pot menționa: curățitura de la pieile de animale, franjuri de slănină, seu, cărnuri confiscate, organele necomestibile, curățitura de pe intestine și burți, conținutul stomacal, etc.

Prelucrarea organelor comestibile. Datorită conținutului în săruri minerale, vitamine și proteine, organele comestibile reprezintă categoria cea mai valoroasă din punct de vedere nutritiv. Aici se regăsesc organe precum limba, creierul, ficatul, inima, plămâni, rinichii, splina, ugerile de la bovine, iar prelucrarea lor se face imediat după recoltare și constă în separarea serozităților, a învelișurilor, a resturilor de vase de sânge și limfatice, resturi de grăsime, spălarea cu apă și controlul sanitar-veterinar.

Organele comestibile se comercializează ca atare sau se folosesc ca și materii prime la fabricarea unor preparate sau conserve din carne.

Prelucrarea subproduselor în scop chimico-farmaceutic. În această categorie se găsesc o serie de glande endocrine și organe care, după recoltare se prelucrează imediat, în spații amenajate special și cu un înalt grad de igienă, fiind separate de serozități, grăsimi, tendoane, țesut conjunctiv, sânge, urmată de conservare până la introducerea în procesul tehnologic de obținere a substanțelor cu rol farmaceutic. În funcție de modul de conservare avem:

- conservarea prin congelare: hipofiza, tiroida, glande suprarenale, pancreas, ovare, testicule, pulmoni, ficat, splina, rinichi, inima, creier, măduvă;
- conservarea prin sărare: timus, tiroida, glande suprarenale;
- conservare cu substanțe chimice: hipofiza, epifiza, paratiroidele, bila.

Prelucrarea intestinelor. Cunoscute sub denumirea de garnitura de mațe, acestea conțin toate componentele tractusului gastro-intestinal, dar în practică interesează doar intestinele (subțire și gros) și stomacul animalelor, folosite pe post de membrane naturale la fabricarea unor preparate din carne. În funcție de proveniență acestea se prelucrează în secții specializate și presupun tragerea lor de pe mezenter, golirea de conținut, degresarea, întoarcerea pe dos și șlaimuirea, spălarea, sortarea, calibrarea, măsurarea și legarea.

Intestinul subțire are lungimea și diametrul specific speciei, astfel că la bovine are 28-44 m lungime și diametrul de 32-38 mm, la porcine 13-35 m lungime și diametrul de 25-40 mm, în timp ce la ovine are lungimea de 22-28 m și diametrul de 15-25 mm.

Intestinul gros are la bovine lungimea de 5,5-12 m și diametrul de 40-65 mm, la porcine lungimea de 2-3,5 m și diametrul de 40-100 mm, iar la ovine lungimea de 2,5-3,5 m și diametrul de 14-22 mm.

Se poate constata că din prelucrarea intestinelor rezultă o cantitate importantă de membrane naturale, de aceea secțiile de prelucrare a intestinelor sunt dotate cu utilaje specifice de mare productivitate.

Prima operație o constituie *tragerea de pe mezenter* (băzări), ceea ce reprezintă în fapt separarea intestinelor de tacâmul de mațe rezultat la eviscerare, prin trecerea lor printr-un dispozitiv de tip piepten, fără găurirea sau ruperea lor, cu lăsarea a cât mai puțină grăsime aderentă.

Golirea de conținut a intestinelor se realizează pe mașini cu valțuri de stoarcere, stropite cu apă caldă la 35-40 °C, pentru menținerea elasticității acestora, dar și pentru a înmuia eventualele resturi de grăsimi aderente.

Degresarea este o operație foarte importantă deoarece prezența grăsimilor pe intestine determină râncezirea lor, ori sunt atacate de microorganisme și ele nu mai pot fi utilizate ca și membrane. Această operație se poate executa manual sau mecanizat odată cu trecerea printre valțurile de stoarcere. Mai nou, pentru degresare se folosesc mașini cu perii la majoritatea tacâmurilor de mațe, mai puțin la cele provenite de la animale grase.

Întoarcerea pe dos a intestinelor urmărește eliminarea mucoasei interioare, numită șlaim. Pentru aceasta intestinele degresate se umezesc cu apă la 20-30 °C, pentru a fi elastice, se umflă cu aer în vederea dezlipirii pereților interiori și evitarea ruperii la întoarcere. Odată întoarse, intestinele se pun în bazin cu apă caldă la 35-40 °C pentru înmuierea mucoasei.

Șlaimuirea realizează, manual sau mecanic, îndepărtarea mucoasei și a tunicii musculoase de pe peretele interior al intestinelor.

Sortarea urmărește depistarea și îndepărtarea acelor sectoare de intestine care prezintă defecte naturale sau rezultate în urma prelucrării, prin umflarea lor cu aer și tăierea zonelor cu defecte. În același timp se face o separare a lor după proveniență și calitate.

Calibrarea intestinelor de face prin măsurarea diametrului acestora din loc în loc, tăierea lor pe clase de diametre, în urma căreia rezultă mațe prelucrate calibrate pe grupe dimensionale.

Măsurarea și legarea are ca scop obținerea unor legături sau pachete de intestine cu o anumită lungime și diametru calibrat, pe grupe de folosință conform standardelor în vigoare.

Prelucrarea mucoasei stomacale are loc în vederea obținerii pepsinei și a cheagului. Pepsina și cheagul se extrag din mucoasa stomacală și au rol de coagulant în prelucrarea laptelui, prin precipitarea cazeinei din lapte.

Materia primă o constituie stomacul animalelor rezultat din procesul de abatorizare. Stomacul se separă de restul de organe din cavitatea abdominală și se prelucrează în stare proaspătă sau se congelează urmând a fi prelucrat ulterior.

După separarea de duoden și esofag, stomacul se degresează la exterior, se golește de conținut, se secționează și se întoarce pe dos, astfel ca mucoasa stomacală să fie scoasă la exterior, unde se spală cu apă sub formă de jet ușor, timp de 1-2 minute. Se detașează prin tăiere mucoasa de culoare roșie care, pentru acumulare de substanță utilă, se congelează imediat timp de 20-24 ore la -25...-30 °C.

După decongelarea în bazine timp de 10-12 ore, la temperatura mediului ambiant, mucoasa se toacă la volf și se tratează cu acid clorhidric pentru extracția pepsinei (glandele stomacale secretă enzima numită pepsinogen care, în prezența acidului clorhidric, la un pH puternic acid este activată în pepsină). Proporția de acid clorhidric este de 4,6 % din masa tocată, situație în care se ajunge la valoarea optimă a pH-ului de 3,5-3,7, care se adaugă treptat și cu agitarea masei de material tocat, până la obținerea unui amestec omogen.

Procesul de extracție al enzimei durează între 8-10 ore la o temperatură de lucru de 40-42 °C, cu agitare continuă, astfel ca la final să rezulte o masă semifluidă cu culoare brun-închisă. La finalul extracției, se oprește agitarea și se lasă vasul la decantare timp de 24-28 ore, cu păstrarea temperaturii de extracție. În urma acestui lucru, grăsimile sub formă uleioasă se ridică la suprafață, masa cărnosă și macerată se depune pe fundul vasului, iar între cele două se separă soluția apoasă cu enzima. Prin sifonare ea se separă din vasul de extracție și se răcește la 18-20 °C.

Întrucât prin extracție, pe lângă enzimă se separă și alte componente, soluția apoasă se tratează cu sare în proporție de 25-30 % din masa de lichid, iar după 10-12 ore, precipitatul format se îndepărtează, rezultând o soluție concentrată în enzimă cu consistență cleioasă.

Masa cleioasă se supune sărării cu clorură de sodiu în procent de 45-50 % față de cantitatea de precipitat rezultată și se întinde în strat subțire pe sticlă la uscat timp de 8-10 ore, cu aer cald la 35-40 °C. După uscare, pepsina se macină până rezultă un praf fin și care trebuie să îndeplinească anumite cerințe sub aspectul puterii de coagulare, a conținutului minim de sare, al numărului de germeni, agenți patogeni, mucegaiuri sau drojdii.

Ambalarea pepsinei se face în ambalaje impermeabile (folie din materiale plastice, hârtie pergamentată, cutii metalice cositorite), iar depozitarea în spații răcoroase, fără lumină, poate dura până la un an.

Cheagul este o enzimă care se extrage din mucoasa stomacală a animalelor tinere, care s-au hrănit doar cu lapte, în special de la viței și miei. Deosebirea dintre cheag și pepsină constă în faptul că acesta este activ (coagulant) în mediu de la slab acid la slab alcalin, în timp ce pepsina este activă doar în mediu acid.

Tehnologia de prelucrare a stomacului pentru obținerea cheagului presupune curățirea de straturile aderente de la exterior, degresare bună, golirea de conținut, umflarea cu aer și uscarea în camere ferite de radiația solară, la cca. 40 °C. După eliminarea aerului, stomacurile se umezesc și se ambalează.

Cheagul se poate prepara și sub formă de soluție lichidă, după extracție cu soluție de acid boric, precipitare și neutralizare, extractul fiind diluat cu soluție de acid boric și NaCl, iar pentru stabilizare se folosesc alcool și timol. Extracție are ca scop trecerea chimogenului din mucoasa stomacală în chimiozină activă, enzimă cu rol de coagulant.

Prelucrarea sângelui. Prin compoziția sa chimică și biologică, sângele rezultat la sacrificarea animalelor constituie o materie primă extrem de importantă atât pentru industria alimentară, cât mai ales pentru obținerea unor preparate din sânge în industria farmaceutică.

Ca structură morfologică, sângele este alcătuit din plasmă (lichid) în care se regăsesc celule sau elemente figurate (eritrocite, leucocite, trombocite), și fibrină (ca substanță proteică).

Din punct de vedere chimic, sângele are o compoziție relativ stabilă, cu mici diferențe în funcție de specia de proveniență (tabelul 13.7).

Ca și direcții de valorificare a sângelui, acestea se pot grupa astfel:

- *în scopuri alimentare:* sub formă de sânge integral sau ca atare, la obținerea unor preparate din carne; sub formă de plasmă uscată, rezultată din separarea elementelor figurate și uscată prin atomizare; ca ser uscat, obținut prin defibrinarea sângelui și separarea serului cu elementele figurate, urmată de uscare; sub formă de hemoglobină, obținută din eritrocite, separate centrifugal și hemolizate în apă, urmată de uscare prin atomizare; sub formă de globină din eritrocite hemolizate în apă distilată, separată cu HCl și precipitată cu NaCl, uscată apoi pe valțuri;

Tabelul 13.7. Compoziția chimică a sângelui de animale, în g/100 g sânge integral

Componentul	Specia				
	bovine	cabaline	porcine	ovine	caprine
Apă	80,9	75,0	79,0	82,1	80,38
Reziduu uscat:	19,1	25,0	20,9	17,8	19,61
- hemoglobină	10,3	16,6	14,2	9,29	11,25
- albumine	6,98	6,97	4,26	7,08	6,97
- glucide	0,07	0,05	0,06	0,07	0,086
- colesterolină	0,17	0,03	0,04	0,13	0,13
- lecitină	0,23	0,29	0,23	0,22	0,24
- grăsimi	0,05	0,06	0,10	0,093	0,052
- acizi grași	-	-	0,047	0,048	0,039
- acizi nucleici	0,002	0,006	0,005	0,028	0,039
Natriu	0,36	0,26	0,24	0,36	0,35
Potasiu	0,04	0,27	0,23	0,04	0,039
Oxid de fier	0,05	0,08	0,069	0,049	0,057
Calciu	0,006	0,005	0,006	0,007	0,006
Magneziu	0,003	0,006	0,008	0,003	0,004
Clor	0,30	0,27	0,26	0,30	0,29
Fosfor neorganic	0,017	0,017	0,074	0,019	0,014

- *în scopuri medicinale*: sub formă de hidrolizin, obținut din sânge integral în condiții sterile; sub formă de aminoacid, din albumină alimentară sau sânge integral; fibrină, obținută prin defibrinarea sângelui integral; sub formă de ferină, trombină și ferohematogen, rezultate din elemente figurate; sub formă de histină și histamină, ca și aminoacizi; sub formă de ser terapeutic, rezultat după defibrinarea și îndepărtarea elementelor figurate din sângele integral; sub formă de peptonă, obținută prin hidroliza fibrinei, ca mediu de cultură în bacteriologie;

- *în scopuri tehnice*: ca albumină tehnică în industria de pielărie și a vopselurilor, în compoziția unor materiale plastice; sub formă de clei de sânge, rezultat din amestecarea făinii de sânge cu apă și var nestins;

- *în scopuri furajere*: cea mai mare parte a sângelui este folosită sub formă de pastă sau făină furajeră, în alcătuirea rețetei furajere pentru hrane animalelor; sângele integral este coagulat prin încălzire sau cu substanțe chimice și adus la o umiditate sub 70 %, pasta rezultată fiind folosită ca atare, ori este concentrată prin pulverizare, de unde rezultă făina de sânge, cu capacitate de hidratare ridicată și durată de păstrare mult mai mare comparativ cu pasta de sânge coagulat.

Prelucrarea materiilor cheratinoase. În această categorie intră coarnele, copitele, unghiile și oasele rezultate din abatorizare, prin a căror prelucrare se obțin unele produse precum:

- făina din coarne: folosită în industria metalurgică, la mase plastice pentru obținerea unui sortiment numit galalit;

- făină furajeră: materiile cheratinoase se supun hidrolizei pentru solubilizare, soluția rezultată se neutralizează și se usucă sub formă de pulbere, fiind foarte bogat în proteine, azot și grăsimi;

- semifabricat furajer pentru viței: se obține amestecând hidrolizatul cheratinos cu sânge integral, urmat de uscarea prin atomizare, pulberea rezultată, amestecată cu lapte integral fiind folosită la alăptatul vițelilor;

- cleiul de oase sau cleiul cheratinos: se obține prin hidroliza coarnelor și a copitelor, urmată de fierbere până la o concentrație în substanță uscată de 35-40 %;

- aminoacizi: prin hidroliză acidă se pot obține aminoacizi precum acid glutamic, cistină, arginină, tirozină, leucină, lizină, fenilamină, care adăugate în furajul animalelor contribuie la creșterea valorii biologice a acestuia;

- îngrășăminte minerale și organice: prin prelucrarea materiilor cheratinoase se pot obține hidrolizate bogate în săruri de amoniu, în calciu și fosfor.

XIV. TEHNOLOGIA LAPTELUI ȘI A PRODUSELOR LACTATE

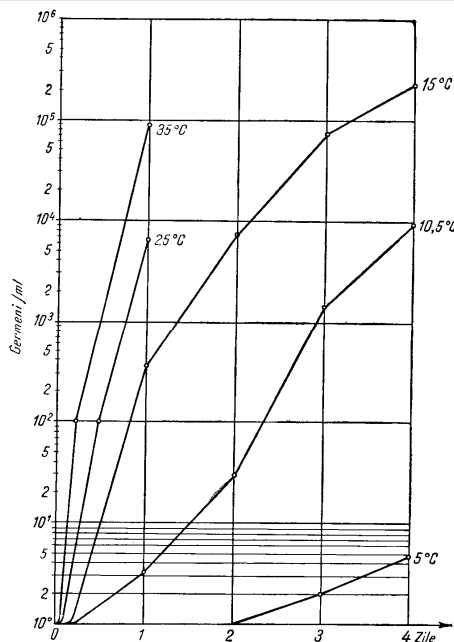
Laptele constituie un aliment care, prin compoziția chimică bogată și valoarea nutritivă ridicată, acoperă în cea mai mare măsură necesarul uman de alimente de origine animală, fiind indispensabil în hrana copiilor, bolnavilor sau a celor care își desfășoară activitatea în medii toxice. Totodată, laptele este și materia primă din care se prepară numeroase produse lactate (unt, smântână, produse dietetice, brânzeturi, produse lactate acide), cu pondere cantitativă și calitativă mare în alimentația omului.

De regulă, prin lapte se înțelege laptele de vacă, a cărui pondere este de circa 90 % din producția totală, restul de 10 % fiind reprezentat de laptele de oaie, bivoliță și capră.

Ca și compoziție chimică, laptele de vacă cu substanță uscată în medie de 12,5 %, are următoarea structură:

- substanțe organice:
 - trigliceride: steroli (colesterol), fosfogliceride (lecitină, cefalină), acizi grași liberi;
 - substanțe azotate:
 - proteide: cazeină, lactalbumină, lactoglobulină, peptone, anticorpi, enzime (lactoperoxidază, catalază, lipază, fosfatază, amilază, protează);
 - substanțe neproteice: colină, acizi aminați liberi, creatină, acid uric, creatinină, guanidină, acid carbaminic, etc.;
 - substanțe neazotate: lactoză, oligozaharide, acid lactic, acid butiric, acid citric, acid piruvic;
 - vitamine: caroten, A, D₃, B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆, B₁₂, H, C;
 - substanțe anorganice: natriu, potasiu, magneziu, mangan, calciu, cupru, zinc, fier, fosfor, cobalt, cloruri, ioduri, fluoruri.

Substanțele proteice din lapte sunt formate din 80-85 % cazeină, 10-12 % lactalbumină și 5-8 % lactoglobulină. Componentul de bază este cazeina (fosfoproteină) care, legată de sărurile de calciu formează complexul cazeino-fosfo-lactic și este cea care precipită în fosfoparacazeinat de calciu, proprietate ce stă la baza fabricării produselor lactate acide și a brânzeturilor. Precipitarea cazeinei se poate realiza prin adăugarea de acizi diluați, de săruri ale metalelor grele, reactivi, alcool, pepsină sau chimiozină, ultimele două fiind și cele mai folosite în practică.



14.1. Tehnologia laptelui de consum

De regulă, procesul tehnologic de fabricare a laptelui de consum începe imediat după muls, când acesta este supus unor operații de condiționare, urmate de prelucrarea propriu-zisă.

Fig. 14.1. Variația numărului de germeni în laptele crud în funcție de temperatură

Păstrarea calității inițiale a laptelui este un lucru extrem de important deoarece prin compoziția sa chimică, bacteriile din lapte nu pot asigura o distrugere a germeilor decât în primele două ore de după muls, temperatura fiind principalul factor ce determină creșterea rapidă a microorganismelor din lapte. Modul de dezvoltare a acestora este prezentat în figura 14.1. Limitarea numărului de germeni din lapte depinde de încărcătura inițială (sănătatea animalului,

condițiile igienice de mulș, modul de manipulare și transport), respectiv de temperatura laptelui (laptele după mulș trebuie răcit până la 4-6 °C).

Laptele ca materie primă pentru industrializare este produs atât de fermele zootehnice specializate, cât și de producători individuali. Dacă în primul caz fermele sunt prevăzute cu un punct de colectare și condiționare a laptelui, în cel de-al doilea caz laptele colectat de la animale trebuie supus unei condiționări primare, prin care se asigură menținerea calității inițiale, condiție obligatorie în vederea obținerii unor produse lactate de calitate.

Condiționarea laptelui se referă la acele operații necesare a fi aplicate din momentul mulșului și până la prelucrare, aici fiind incluse filtrarea, răcirea, păstrarea la temperaturi scăzute și transportul în vase izoterme. Aceste operații sunt eliminate parțial în cazul în care producătorul de lapte face și prelucrarea industrială.

Filtrarea laptelui sau strecurarea, este necesară întrucât în funcție de condițiile de igienă în care se realizează mulșul, pot pătrunde impurități în laptele proaspăt (păr, praf, resturi de furaje), care conțin microorganisme ce duc la infectarea și alterarea sa. Strecurătorile folosite în mod uzual la filtrarea laptelui sunt site metalice cu 3-4 straturi de tifon, rondele de vată sau materiale filtrante.

Răcirea laptelui. Deoarece temperatura laptelui are la mulgere valori cuprinse între 32-35 °C, compoziția sa chimică constituie un mediu extrem de favorabil dezvoltării microorganismelor. În atare condiții lactoza este transformată de bacteriile lactice în acid lactic, provocând acidifierea sau acrirea laptelui, caz în care acesta nu mai poate fi prelucrat ulterior. Răcirea imediată după mulș are ca scop oprirea dezvoltării microorganismelor până la anumite limite considerate acceptabile.

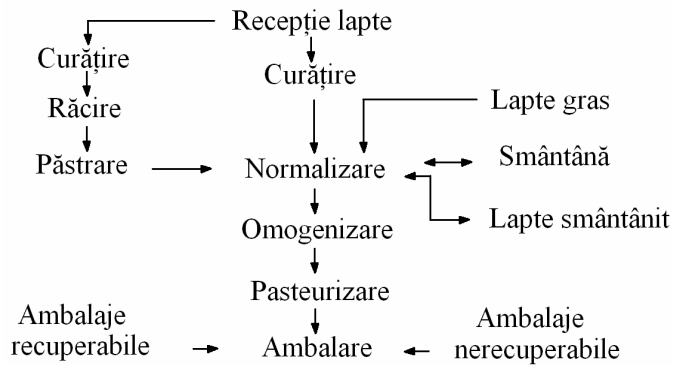
Sistemele de răcire a laptelui sunt instalații ce folosesc ca agent termic apa rece, apa cu gheață sau agenți frigorifici și care pot fi:

- bazine pentru răcirea bidoanelor: se folosesc la răcirea laptelui colectat la bidon cu apă rece sau cu gheață, fiind o metodă greoaie și cu volum mare de lucru;
- vane de răcire: sunt vase prevăzute cu serpentine de răcire sau perete dublu prin care circulă agentul frigorific precum apă răcită ori saramură, respectiv sisteme de agitare pentru reducerea timpului de răcire;
- schimbătoare de căldură: permit răcirea foarte rapidă a laptelui, schimbul de căldură fiind realizat prin intermediul unor agenți de răcire, care circulă de obicei în contracurent cu laptele; din punct de vedere constructiv sunt de tipul răcitoare plane tubulare, răcitoare tubulare și răcitoare cu plăci.

Păstrarea laptelui. În anumite situații este necesar ca laptele să fie păstrat un timp, până când acesta este preluat și trimis la prelucrare. Păstrarea trebuie făcută în vase de tip bidoane sau tancuri izoterme la temperatură scăzută, optim între 4-6 °C, în cazul tancurilor capacitatea de stocare fiind mult mai mare, iar transportul se poate realiza cu ajutorul pompelor.

Transportul laptelui de la producător la centrele de colectare sau mai departe la unitățile prelucrătoare se realizează folosind bidoane (tot mai rar) sau cisterne de diverse capacități. Autocisternele sunt cel mai răspândit sistem de transport a laptelui, ele fiind prevăzute cu agregate frigorifice și compartimente izoterme, capete de evacuare și pompare la încărcare-descărcare, sisteme de măsurare, de recoltare și analiză rapidă a caracteristicilor fizico-chimice ale laptelui.

Prelucrarea laptelui. Laptele este prelucrat în instalații speciale, prin aceasta urmărindu-se limitarea dezvoltării sau distrugerea germenilor care pun în primejdie calitatea laptelui și în final sănătatea consumatorului, mărind astfel conservabilitatea lui. Cel mai bun efect bactericid asupra laptelui în realizează căldura, dintre procedeele termice pasteurizarea fiind metoda cea mai utilizată în practică. Principalele operații din cadrul tehnologiei de obținere a laptelui de consum sunt prezentate în figura 14.2., iar în figura 14.3. este prezentată schema unei linii tehnologice de producere a laptelui de consum.



Recepția laptelui este obligatorie atât cantitativ cât și calitativ. Cantitativ recepția se face prin măsurători volumetrice, procedeu care în unele cazuri pot da erori sau cu galactometrul, respectiv gravimetrice cu cântarul de lapte. Diferențele ce apar între volumul și masa laptelui se datorează faptului că masa specifică a sa este mai mare decât unitatea (minim 1,029).

Fig. 14.2. Schema tehnologică de obținere a laptelui de consum

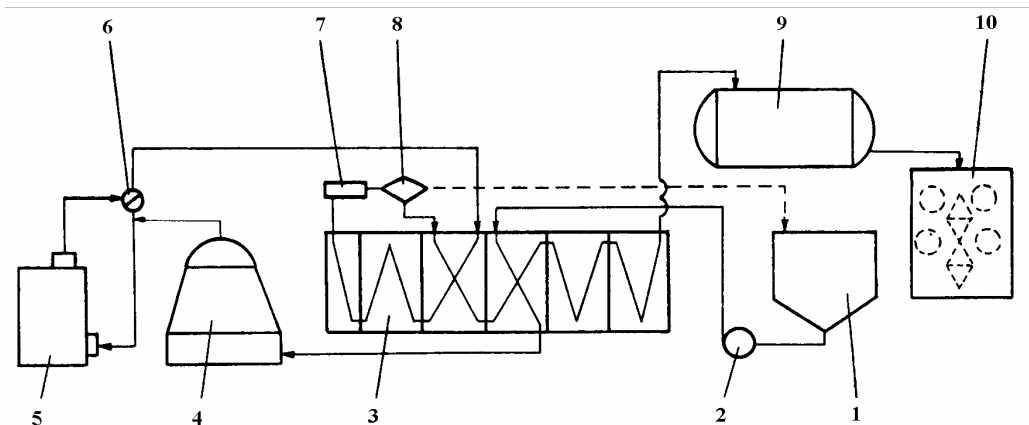


Fig. 14.3. Schema generală a unei linii tehnologice de prelucrare a laptelui de consum: 1- rezervor de lapte; 2- pompă; 3- pasteurizator; 4- curățitor centrifugal; 5- omogenizator; 6- robinet cu trei căi; 7- termoregulator; 8- supapă de întoarcere; 9- tanc izoterm; 10- mașină de dozat și ambalat.

Recepția calitativă constă în examenul organoleptic (se observă culoarea, vâscozitatea, mirosul, gustul, eventualele impurități) și analize de laborator (se determină densitatea, aciditatea, gradul de contaminate, conținutul în grăsimi și proteine), proprietățile fizico-chimice ale laptelui trebuind să se încadreze în limitele admisibile impuse laptelui de consum.

Curățirea laptelui are ca scop îndepărtarea impurităților mecanice. Operația se poate realiza cu ajutorul unor filtre speciale având ca material filtrant vată, țesătură de nailon sau plasă metalică fină, rezultate bune fiind obținute la curățirea unor cantități mici de lapte, înlocuirea materialului filtrant fiind necesară destul de des.

Atunci când se prelucrează cantități mari de lapte, curățirea este realizată cu filtre sub presiune, filtre coloidale sau curățitoare centrifugale. Având o construcție asemănătoare cu cea a separatoarelor, tobele curățitoare centrifugale (fig. 10.4) realizează cea mai eficientă separare a impurităților din lapte. Fiind mai grele decât laptele, impuritățile sunt aruncate și adunare la periferia tobei sub formă de nămol, a cărui compoziție medie este următoarea: 73 % apă, 3 % grăsimi, 18 % proteine, 3 % cenușă, restul fiind alte substanțe.

Nămolul rezultat la curățirea laptelui conține, pe lângă substanțe nutritive și germeni dăunători sănătății, astfel că, datorită riscului infectării cu spori de bacterii, nămolul trebuie ars sau folosit ca și îngrășământ.

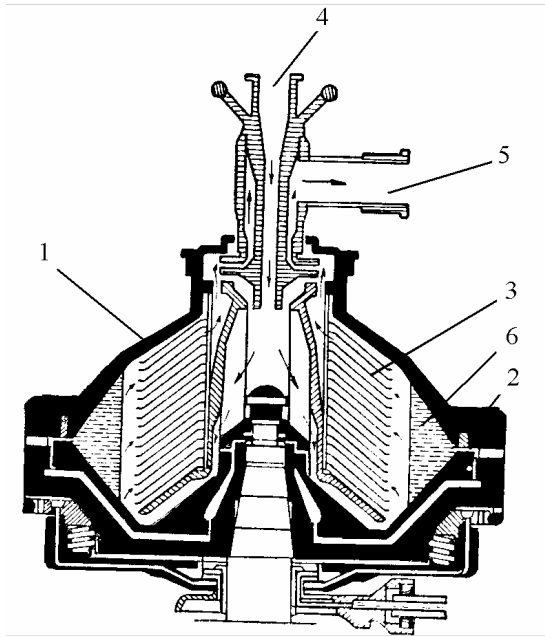


Fig. 14.4. Schema unei tobe separatoare centrifugale: 1- capac tobei; 2- corp tobei; 3- talere; 4- alimentare lapte brut; 5- evacuare lapte curățat; 6- nămol.

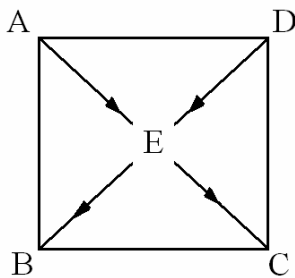
Normalizarea laptelui. Laptele destinat consumului trebuie să aibă un anumit conținut în grăsime, stabilit prin normele de calitate. Deoarece laptele muls are de regulă un conținut de grăsime diferit de cel standardizat, se procedează la corectarea procentului de grăsime din laptele destinat consumului, operație numită normalizare sau standardizare astfel:

- prin smântânirea parțială sau amestecarea în diverse proporții cu lapte smântânit, când laptele muls are un conținut în grăsimi peste nivelul stabilit;
- prin amestecarea cu lapte gras sau foarte gras, uneori chiar cu smântână, când laptele muls are un conținut de grăsime sub

norma stabilită.

Normalizarea este necesar a fi efectuată înainte de aplicarea unor eventuale tratamente termice asupra laptelui.

Calculul operației de normalizare se face cu regula amestecurilor (metoda pătratului lui Pearson), în tancuri cu capacitate mare sau pe baza unor relații de calcul, după prelevarea probelor și analiza de laborator a acestora.



Calculul normalizării laptelui folosind metoda pătratului lui Pearson. Înscriind în centrul unui pătrat conținutul în grăsime a laptelui ce trebuie obținut (E), în colțul din stânga sus conținutul în grăsime a laptelui integral (A) și în colțul din stânga jos conținutul în grăsime a laptelui smântânit (B), se poate scrie în colțul din dreapta sus numărul de părți de lapte integral folosit la normalizare ($D = E - B$), iar în colțul din dreapta jos numărul de părți de lapte smântânit folosit la normalizare ($C = A - E$).

Calculul normalizării pe baza de relații matematice se face în două situații:

- la normalizarea laptelui prin adaos de lapte smântânit cu ajutorul relației:

$$L_i = \frac{L_n(G_n - G_s)}{G_i - G_s}, \text{ în litri} \quad (14.1)$$

în care L_i este cantitatea de lapte integral, L_n cantitatea de lapte normalizat, G_n , G_s și G_i fiind conținutul în grăsime a laptelui normalizat, smântânit și integral.

- la normalizarea laptelui prin adaos de lapte sau smântână cu ajutorul relației:

$$L_1 = \frac{L_2(G_n - G_2)}{G_g - G_2}, \text{ în litri} \quad (14.2)$$

unde L_1 este cantitatea de lapte ce trebuie scoasă și înlocuită cu lapte gras sau smântână, L_2 cantitatea de lapte care se normalizează, G_2 și G_g conținutul în grăsime al laptelui ce se normalizează, respectiv al laptelui gras sau a smântânii.

Separarea grăsimii din lapte se realizează cu ajutorul separatoarelor centrifugale cu talere, în figura 14.5 fiind prezentată o secțiune printr-un astfel de separator. Laptele este introdus prin axul central tubular și este dirijat spre talerele conice ale separatorului. Grăsimile din lapte, a căror masă specifică este mai mică, sunt trimise ascendent spre mijlocul tobei, prin orificiile practicate în talere. Laptele, a cărui masă specifică este mai mare decât a grăsimilor, urmează tot

un drum ascendent, dar pe la periferia tobei. Prin amplasarea camerelor colectoare se evacuează separat smântâna și laptele smântânit.

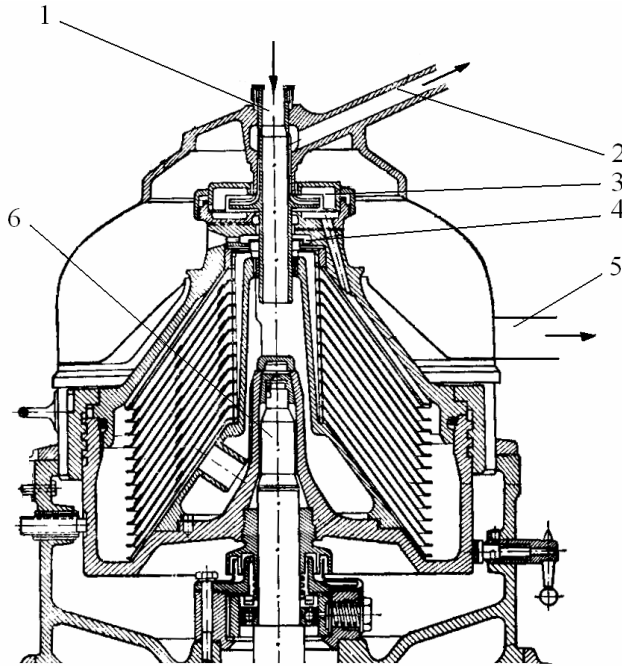


Fig. 14.5. Separator centrifugal, secțiune: 1- alimentare lapte integral; 2- evacuare lapte smântânit; 3- colector lapte smântânit; 4- colector smântână; 5- evacuare smântână; 6- ax antrenare tobă.

Procesul de separare a grăsimilor este mai eficient dacă laptele este încălzit inițial la 40-45 °C, temperatură la care vâscozitatea grăsimii scade considerabil față de plasma din lapte.

Omogenizarea laptelui. Omogenizarea este o operație de stabilizare a emulsiei de grăsimi, evitând astfel separarea acesteia la suprafața laptelui în perioada depozitării. Prin omogenizare se urmărește creșterea gradului de dispersie a grăsimii prin micșorarea dimensiunii globulelor de grăsime.

Laptele fiind o emulsie, viteza de separare a globulelor de grăsime în câmp gravitațional depinde de mărimea lor și se poate determina cu legea lui Stokes:

$$V = \frac{2g}{9} \frac{r^2(\gamma_l - \gamma_g)}{\eta}, \text{ în m/s} \quad (14.3)$$

în care r este raza globulei de grăsime, în m:

γ_l - greutatea specifică a plasmei laptelui, în N/m^3 ;

γ_g - greutatea specifică a globulei de grăsime, în N/m^3 ;

η - vâscozitatea dinamică a laptelui, în $kg \cdot s / m^2$.

Se poate constata că scăderea vitezei de separare se poate face prin reducerea razei globulelor de grăsime. Practic, după omogenizare diametrul acestora este cuprins între 0,1-1 μm față de 6-9 μm cât au globulele din lapte înainte de omogenizare, fapt ce determină o scădere a vitezei de separare de până la 144 de ori.

Procesul de omogenizare decurge în trei faze consecutive, într-un interval de timp relativ foarte scurt, respectiv alungirea globulelor de grăsime, scindarea și legarea lor sub forma unor ciorchini sau lanțuri și dispersia în lapte. Aceste faze se realizează ca urmare a procesului de laminare la care este supus laptele în momentul trecerii printr-o fantă.

Omogenizatoarele sunt aparate compuse dintr-o pompă ce refulează laptele printr-un cap de omogenizare (fig. 14.6), scindarea globulelor de grăsime fiind realizată prin șoc mecanic. Temperatura optimă de realizare a procesului de omogenizare este de circa 60 °, din acest motiv omogenizatorul se intercalează pe circuitul de recuperare al pasteurizatorului.

Presiunea la care se realizează omogenizarea laptelui de consum este de 120-180 N/cm^2 , iar pentru creșterea eficienței și reducerea tendinței de aglomerare, se practică omogenizarea în două trepte (fig. 10.6.b): în prima treaptă are loc scindarea globulelor de grăsime la 180-200 N/cm^2 , iar în treapta a doua la 30-50 N/cm^2 , diferența dintre cele două presiuni determinând o puternică dispersie a globulelor.

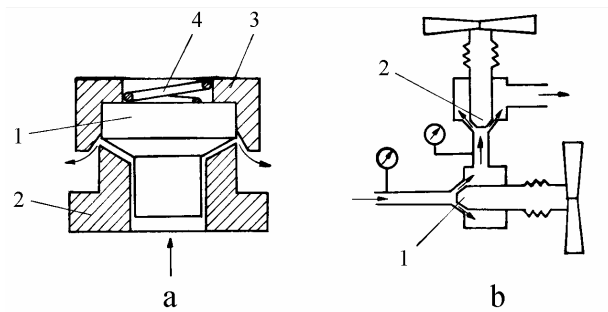


Fig. 14.6. Omogenizator mecanic sub presiune: a- cap de omogenizare: 1- supapă; 2- scaun; 3- inel deflector; b- omogenizator în două trepte: 1- omogenizare treapta I; 2- omogenizare treapta a II-a.

O mai bună stabilizare a emulsiei se obține cu ajutorul clarifixatoarelor care, din punct de vedere constructiv se aseamănă cu separatoarele centrifugale (fig. 14.7).

Laptele cald se introduce în aparat prin conducta de alimentare 1 și distribuit pe pachetul de talere 3 prin intermediul forței centrifuge. Globulele de grăsime se adună în colectorul de smântână 6, iar laptele smântânit poate fi evacuat prin conducta 2. Presiunea creată în colectorul de smântână, precum și construcția specială a discurilor 7 și 8, determină o scindare puternică a globulelor de grăsime și retrimiteră lor în tobă, amestecându-se cu laptele ce intră prin conducta 1. O parte din smântâna din colectorul 4 poate fi evacuată prin conducta 5, aparatul putând servi și la smântânirea parțială a laptelui.

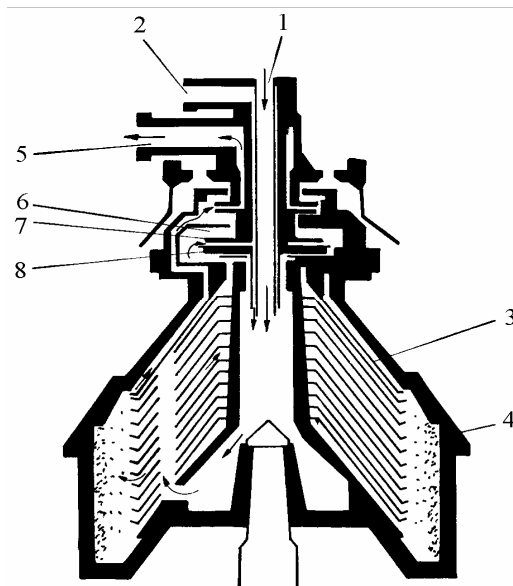


Fig. 14.7. Schema constructivă a clarifixatorului

Impuritățile pe care le conține laptele sunt proiectate sub acțiunea forței centrifuge și se acumulează la periferia tobei 4, acumulându-se sub formă de sediment, clarifixatorul realizând astfel și o curățire a laptelui.

Pe lângă aceste aparate clasice au apărut și alte instalații de omogenizare a laptelui, având la bază diverse principii.

Omogenizatoarele cu jet sunt realizate în două variante, a căror funcționare se bazează pe următoarele principii:

- emulsionarea și dispersarea unui lichid cald (grăsimea), trimis sub formă de jet pulverizat în faza de dispersie (laptele degresat) cu ajutorul unei duze;

- micșorarea dimensiunii globulelor de grăsime și dispersarea lor într-un curent de lichid, ca rezultat al modificării vitezelor pulsațiilor turbulente, vârtejurilor și efectului de cavitație.

Omogenizatoarele adiabactice formează emulsia ca rezultat al instabilității ce se produce în lichidul care conține componentele ce alcătuiesc cele două faze. Astfel, dacă într-o cameră de vid (fig. 14.8) este trimis amestecul de emulsionat, la care faza apoasă are temperatura peste cea de saturație corespunzătoare presiunii din cameră, aici au loc o serie de procese precum pulverizarea amestecului, detenta lichidului, formarea de bule de vapori de apă ca urmare a detentei, formarea de unde de șoc, toate determinând micșorarea globulelor de grăsime și dispersarea lor în faza apoasă.

Omogenizatoarele ultrasonice obțin emulsiile cu ajutorul ultrasunetelor, lichidul fiind supus unor tensiuni și compresiuni, cele mai utilizate generatoare de ultrasunete fiind cele de tipul mecanic.

Pasteurizarea laptelui. Laptele crud conține un număr mare de microorganisme și care se înmulțesc rapid, determinând atât o scădere a proprietăților fizico-chimice, cât și a valorii nutritive, consumul ca atare fiind o sursă importantă de infectare.

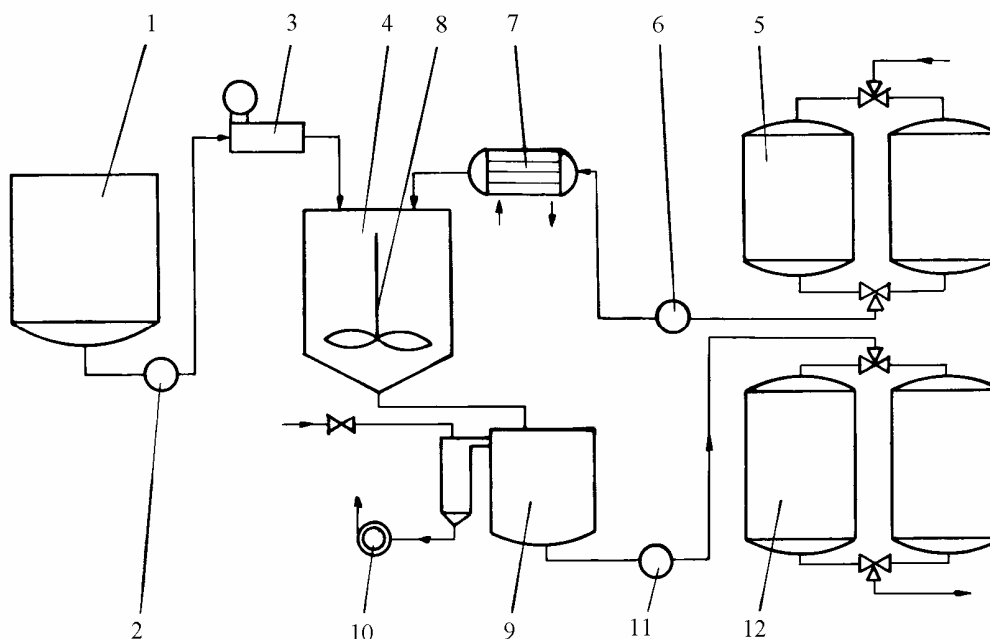


Fig. 14.8. Schema instalației de omogenizare a laptelui sub vid: 1- rezervor grăsimi; 2,6,11- pompe; 3- cântar; 4- vas amestecare; 5- rezervoare cu lapte degresat; 7- preîncălzitor; 8- agitator; 9- camera de vid (omogenizatorul); 10- pompă de vid cu inel de apă; 12- rezervoare pentru lapte omogenizat.

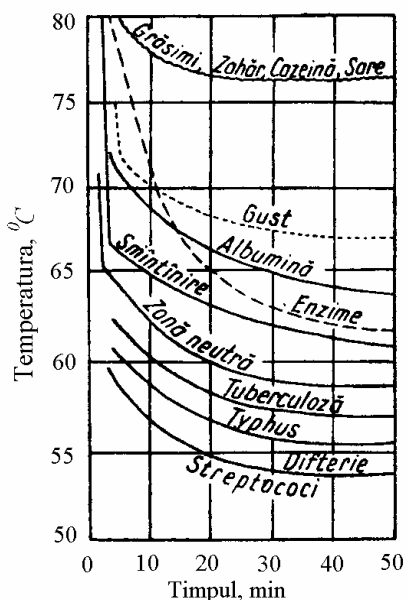


Fig. 14.9. Efectul pasteurizării asupra componentelor laptelui

Prin pasteurizare se aplică laptelui un tratament termic, în condiții determinate, prin care se asigură distrugerea florei banale și a celei patogene, fără a afecta sensibil structura fizică, chimică și biologică a acestuia. Influența temperaturii și duratei acțiunii termice asupra componentelor laptelui sunt prezentate în figura 14.9.

Pasteurizarea trebuie să asigure distrugerea bacilului tuberculozei și a întregii flore în proporție de 99,9 %, pentru ca laptele să corespundă normelor igienico-sanitare. Rezistența germeilor patogeni variază în limite restrânse de temperatură (60-80 °C), astfel că luând ca etalon bacilul tuberculozei (se distruge în 105-150 secunde la 62 °C și în 2-3 secunde la 80 °C), prin distrugerea lui sunt distruse și bacteriile patogene și virusii, singurul pericol rămânând toxinele de stafilococi termorezistente.

Regimul termic depinde de încărcătura microbiană a laptelui supus pasteurizării. Dacă recoltarea și transportul laptelui a fost realizat în condiții igienice, prin distrugerea bacilului tuberculozei se asigură un număr de germeni sub valorile admise, iar când încărcătura microbiană este ridicată, pentru creșterea eficienței pasteurizării se crește temperatura și durata de menținere, separat sau concomitent.

Pasteurizarea determină o modificare a structurii componentelor chimice ale laptelui, într-o măsură mai mare sau mai mică, în raport cu temperatura și durata de menținere:

- ▶ sub acțiunea căldurii se denaturează partea proteică din globulele de grăsime, substanța grasă se topește îngreunând separarea stratului de grăsime de la suprafață;
- ▶ prin încălzirea peste 60 °C proteinele solubile sunt denaturate ireversibil, cele mai afectate fiind, în ordine, globulinele cu rol de imunizare, β -globulinele și α -globulinele;

- ▶ se denaturează aminoacizii cu sulf cu formarea de hidrogen sulfurat și se formează substanțe care modifică potențialul oxido-reducător al laptelui;
- ▶ cazeina, aflată sub forma fosfocazeinatului de calciu, își modifică echilibrul la temperaturi ce depășesc 75-80 °C, fapt ce determină dificultăți în procesul de coagulare;
- ▶ lactoza se descompune la temperaturi mai mari de 100 °C în acizi organici, alcoolii și aldehide;
- ▶ se modifică echilibrul mineral atât datorită căldurii, cât și prin eliminarea bioxidului de carbon, fosfații de calciu solubili trec în fosfat tricalcic insolubil care precipită, iar la temperaturi peste 100 °C precipită și citrații de calciu și magneziu;
- ▶ vitaminele sunt distruse parțial mai ales în prezența oxigenului la 80 °C (A, B₁, B₁₂, C), în lipsa aerului temperatura putând urca la 100-110 °C, conținutul în vitamine fiind aproximativ același cu a laptelui inițial.

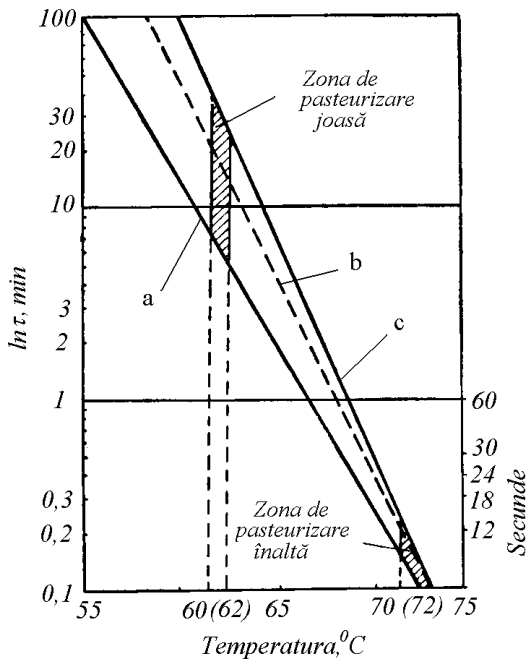


Fig. 14.10. Diagrama de pasteurizare

la temperaturi de peste 75-80 °C, urmată de o răcire bruscă; metoda se recomandă la tratarea laptelui de calitate scăzută.

Combi-națiile de perechi temperatură-timp menținere pot fi în număr infinit, relația $\ln \tau = \alpha - \beta T$ ce definește condiția minimă pentru distrugerea bacilului tuberculozei este reprezentată de dreapta *a* (fig. 14.10.). Orice altă combinație care se situează deasupra acestei drepte va corespunde cerinței sub aspect bactericid. Dreapta notată cu *c* reprezintă nivelul de la care, dacă este depășit, încep modificările proprietăților inițiale ale laptelui și care pe lângă efectul bactericid determină și modificări ireversibile ale compoziției laptelui. În intervalul dintre cele două drepte se pot obține combinații temperatură-timp menținere care se încadrează în limitele de calitate impuse operației. Regimul optim pentru pasteurizarea laptelui corespunde unor combinații definite de către dreapta *b*.

Pasteurizatoarele cu plăci sunt utilizate aproape în exclusivitate întrucât sunt simple constructiv, lucrează în flux continuu și cu debite mari, realizează un proces de lucru închis cu consumuri energetice reduse și permit automatizarea completă a operației. În figura 14.11 este prezentat principiul de funcționare al pasteurizatorului pentru lapte, iar în figura 14.12 schema unei instalații de pasteurizare a laptelui model PDN 1010.

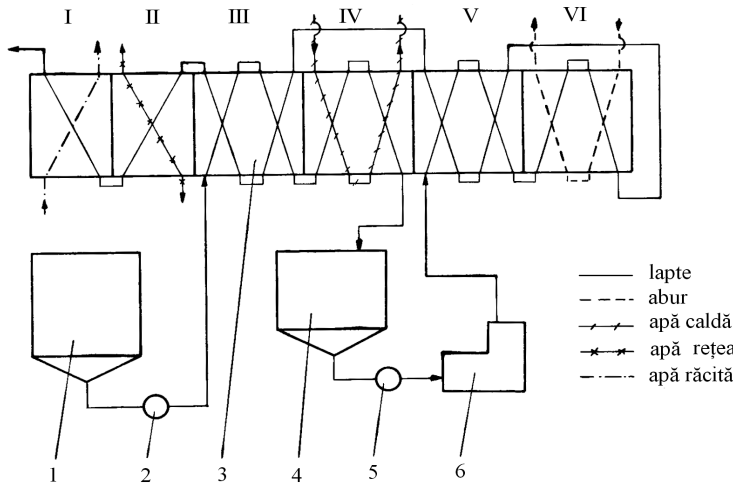
În practică se folosesc mai multe metode de pasteurizare a laptelui, fiecare dintre acestea cu avantajele și dezavantajele sale, temperatura și durata de menținere fiind mărimile variabile asupra cărora se exercită un atent control:

- pasteurizare joasă sau de durată: constă în încălzirea laptelui la 63-65 °C cu menținere timp de 30 minute la această temperatură; nu modifică semnificativ structura chimică și se recomandă a fi aplicată la tratarea laptelui folosit ca materie primă la fabricarea brânzeturilor;

- pasteurizarea înaltă: constă în încălzirea laptelui la 72-75 °C și menținerea timp de 15 secunde; se produce o descompunere a sărurilor de calciu și fosfor, având ca efect reducerea capacității laptelui de a coagula și se inactivează enzimele; metoda este recomandată la tratarea laptelui de consum;

- pasteurizarea instantanee sau tip flash: constă în încălzirea rapidă a laptelui

Laptele din rezervorul 1 (fig. 14.11) este trimis de pompa 2 în zona III a pasteurizatorului unde circulă în contracurent cu laptele cald de la pasteurizare, încălzindu-se. De aici trece în zona IV unde se încălzește în continuare, iar cu ajutorul apei calde până la temperatura optimă omogenizării. Trece în rezervorul tampon izoterm 4 și cu ajutorul pompei 5 în omogenizatorul 6 unde are loc spargerea globulelor de grăsime. De aici laptele intră în zona V, unde preia căldura de la laptele pasteurizat încălzindu-se, ajungând la temperatura de pasteurizare în zona VI prin încălzirea cu abur. La această temperatură laptele iese din pasteurizator și este



menținut timpul necesar realizării efectului bacteri-cid (în zona de menținere), după care revine în zona V și mai departe în zona III unde cedează în continuare căldură laptelui ce intră în pasteurizator.

Fig 14.11. Modul de funcționare al pasteurizatorului cu plăci

Laptele urmează traseul prin zona II, unde este răcit cu apă de la rețea și prin zona I, unde este răcit cu apă răcită la 2-4 °C, temperatură la care este stocat în vase izoterme sau este trecut direct la mașinile speciale de dozat și ambalat.

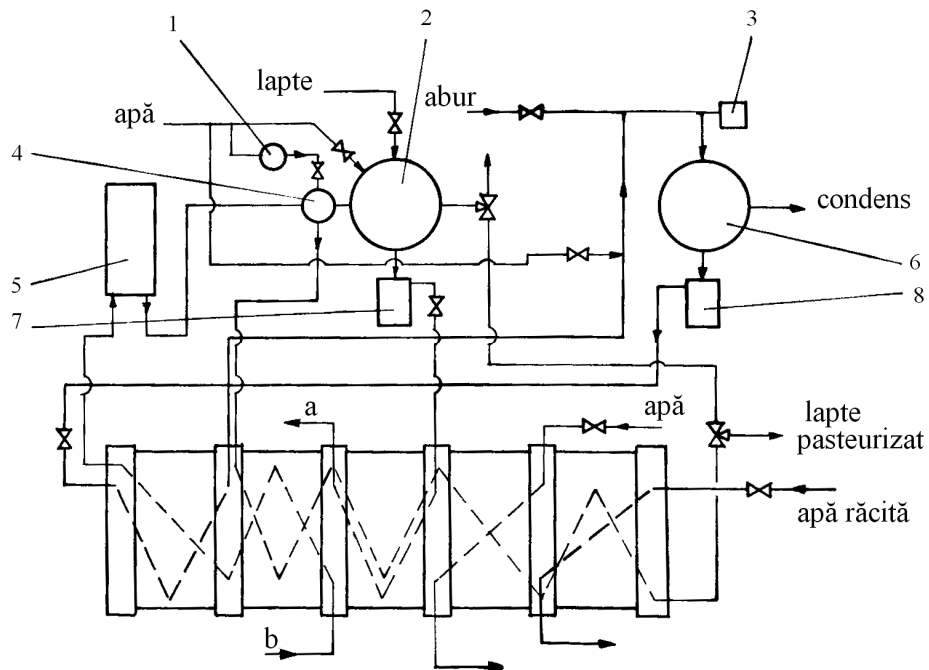
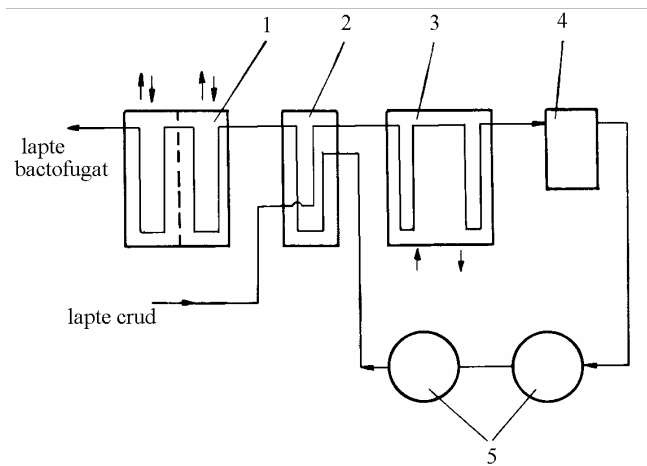


Fig. 14.12. Schema de funcționare a pasteurizatorului PDN 1010: a- spre separatorul centrifugal; b- de la separatorul centrifugal; 1- pompă apă; 2- rezervor alimentare; 3- ventil reglare temperatură; 4- ventil de recirculare; 5- schimbător de căldură (zona de menținere); 6- boiler apă caldă; 7- agregat pompare lapte; 8- agregat pompare apă caldă.

Prin realizarea acestui traseu tehnologic se reduce sensibil consumul de energie termică, viteza de deplasare a laptelui fiind cea corespunzătoare regimului temperatură-timp menținere stabilit.



Un procedeu de igienizare a laptelui constă în asocierea pasteurizării cu o separare a microorganismelor din lapte, prin intermediul unor separatoare centrifugale de construcție specială (au turația de lucru cuprinsă între 15000-30000 rot/min).

Fig. 14.13. Schema unei instalații de lactofugare: 1- zonă răcire; 2- recuperator de căldură; 3- zonă încălzire; 4- omogenizator; 5- supercentrifuge

De regulă, instalațiile de acest tip au prevăzute un pasteurizator cu plăci și două supercentrifuge legate în serie (fig. 14.13).

Prin efectul bactericid al pasteurizatorului se distrug microorganismele, iar pe baza diferenței de masă dintre celulele microbiene și cele din lapte, este asigurată prin supercentrifugare (operație se mai numește lactofugare) eliminarea aproape integrală a lor din lapte.

Pentru a încetini dezvoltarea și înmulțirea restului de microorganisme rămase în lapte după pasteurizare (mai ales formele sporulate) sau a celor ce pătrund după ieșirea din pasteurizator, este necesară răcirea laptelui la temperatura de 2-4 °C. De cele mai multe ori această operație se execută în zona de răcire a pasteurizatorului.

Sterilizarea laptelui. Deoarece prin pasteurizare nu se pot distruge microorganismele termorezistente și formele sporulate, durata de păstrare a laptelui este limitată, microflora rămasă

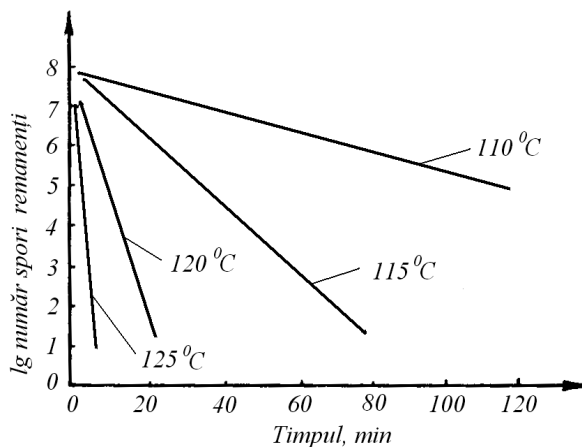
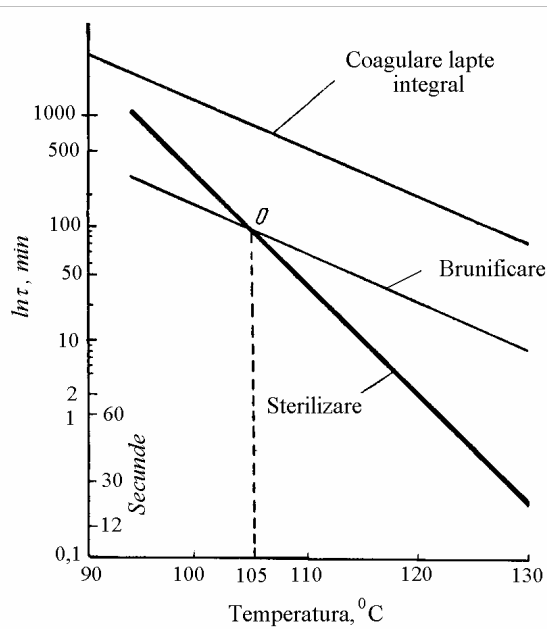


Fig. 14.14. Scăderea numărului de spori de *Bacillus stearothermophilus* cu temperatura

determinând modificări importante ale compoziției laptelui chiar și la temperaturi scăzute. Dintre aceste microorganisme, *Bacillus stearo-termophilus* este cel mai rezistent la temperatură, modul de variație al concentrației sporilor în timp pentru diverse temperaturi fiind prezentat în figura 14.14.

Se poate constata că scăderea numărului de spori se face la temperaturi peste punctul de fierbere la presiune normală, iar viteza de distrugere a sporilor crește rapid cu temperatura.

La stabilirea regimului optim pentru sterilizare trebuie cunoscute și efectele temperaturilor ridicare asupra proprietăților fizico-chimice ale laptelui, modificările de structură și compoziție ale acestuia. O reacție care este importantă, din punct de vedere al proprietăților organoleptice, este cea dintre lactoză și proteine și care duce la apariția unei culori brune (proces de brunificare). Încercările și studiile făcute pe instalațiile de sterilizare au permis trasarea unor diagrame de sterilizare, una dintre acestea fiind cea din figura 14.15.



Curba *Brunificare* reprezintă acea limită peste care, odată depășită apar modificări sub aspectul compoziției laptelui. Intersecția curbei *Sterilizare* cu cea de *Brunificare* se produce în punctul 0 și se poate constata că, cu cât regimul termic este mai la stânga viteza de distrugere a sporilor este tot mai mică și posibilitatea apariției modificărilor structurale în lapte tot mai mare. Pe măsură ce regimul termic este mai ridicat și viteza de distrugere a sporilor crește, iar posibilitatea de a produce modificări ale compoziției laptelui sunt minime. Acesta este și principiul ce stă la baza sterilizării laptelui la temperaturi ridicate, numit UHT (Ultra High Temperature)

Fig. 14.15. Diagrama de sterilizare Webb-Holm

Regimul de lucru UHT este caracterizat prin încălzirea rapidă a laptelui la temperaturi de 145-150 °C, timp de câteva secunde până la mai puțin de o secundă, urmată de o răcire rapidă la temperatura de 2-4 °C, laptele fiind trecut la ambalare în instalații septice.

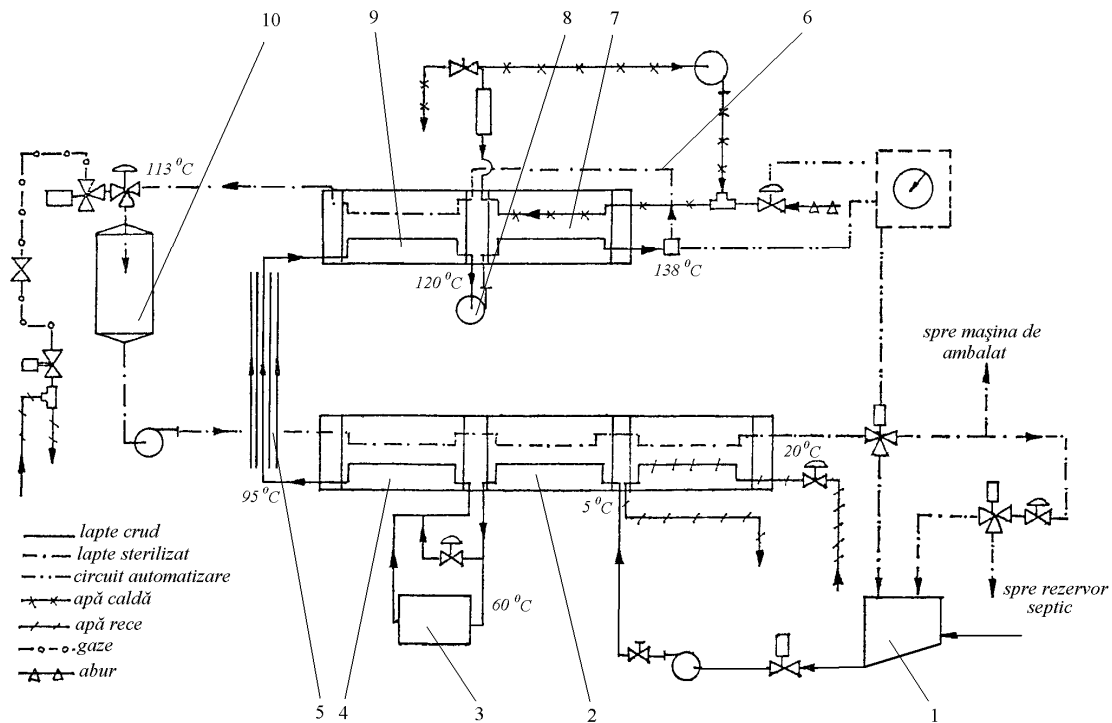


Fig. 14.16. Schema de funcționare a instalației de sterilizare a laptelui STERILPLAK: 1- rezervor alimentare; 2- zonă recuperare căldură I; 3- omogenizator; 4- zonă recuperare căldură II; 5- zonă de menținere a temperaturii; 6- tub menținere la temperatura de sterilizare; 7- zonă de sterilizare; 8- pompă centrifugă; 9- zonă recuperare căldură III; 10- aparat de degazare.

Procedeele de sterilizare pot fi în flux continuu sau discontinuu, în funcție de tipul de utilaj folosit. De asemenea, sterilizarea se poate realiza cu laptele ambalat sau în vrac (flux continuu), sterilizatoarele hidrostatice cunoscând o mai mare extindere în practica industrială.

În figura 14.16 este prezentată schema de funcționare a unei instalații de sterilizare a laptelui de tipul cu schimbător de căldură cu plăci, compus din două corpuri, serpentină de menținere și aparat de degazare.

Laptele din bazinul de alimentare 1 este adus la zona de recuperare a căldurii I, se încălzește la 60°C , preluând căldura de la laptele sterilizat și trece la omogenizatorul 3. De aici laptele ajunge la zona de recuperare a căldurii 4 unde, prin circulația în contracurent cu laptele sterilizat, se încălzește la 95°C cu menținere timp de 20-40 secunde în zona 5 (se produce o stabilizare mai bună a proteinelor, reducând astfel riscul de denaturare a lor la sterilizare).

Laptele ajunge în cel de-al doilea corp al instalației unde se încălzește la 120°C în zona de recuperare a căldurii 9 și apoi la 138°C în zona 7. Laptele ajuns la temperatura de sterilizare este menținut un timp de maxim 4 secunde și circulat prin tubul de menținere exterior 6, proces controlat printr-un circuit de automatizare. Din tubul de menținere laptele sterilizat trece în zona recuperatoare de căldură 9, unde temperatura sa scade la circa 113°C , apoi prin degazorul 10 și apoi se răcește în două trepte (zona 4 în contracurent cu lapte și zona 2 cu apă rece) până la 20°C .

Parametrii tehnologici ai procesului de lucru sunt controlați de un sistem de automatizare care permite recircularea laptelui și reglarea debitelor de abur, apă caldă și apă rece, precum și timpul de menținere la temperatura de sterilizare.

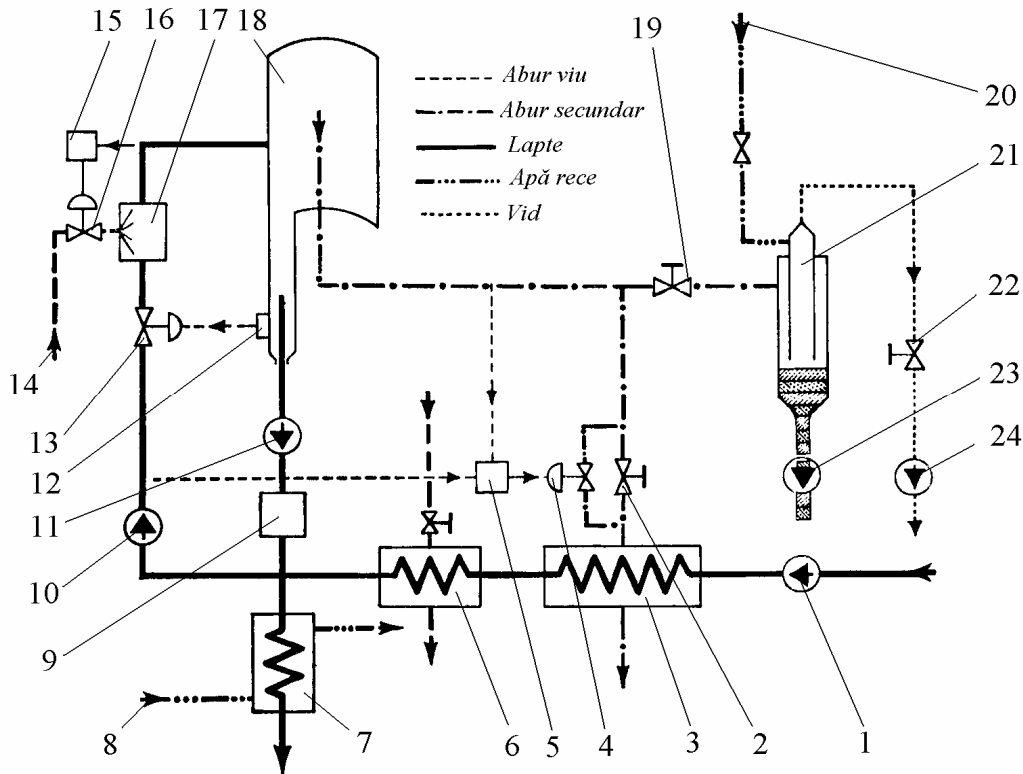


Fig. 14.17. Schema de funcționare a unei instalații de sterilizare cu injecție de abur: 1- pompă alimentare; 2,19- ventil reglaj abur secundar; 3,6- preîncălziător; 4- ventil pneumatic de reglare automată a aburului secundar; 5- dispozitiv reglare automată a densității laptelui; 7- răcitor; 8,20- alimentare apă răcire; 9- omogenizator; 10- pompă lapte; 11- pompă lapte steril; 12- indicator nivel; 13- ventil de reglare; 14- alimentare abur de înaltă presiune; 15- regulator debit abur; 16- ventil de reglare automată a debitului de abur; 17- uperizator; 18- expandor; 21- condensator; 22- ventil reglare vid; 23- pompă condens; 24- pompă vid.

În practică se folosesc și instalații la care agentul termic intră în contact direct cu

laptele. Se procedează la injectarea aburului în lapte sau la injectarea laptelui într-o cameră cu abur, operația purtând și denumirea de uperizare. Atât în primul caz, cât și în cel de-al doilea, apa ce rezultă în urma condensării aburului se evacuează printr-o scădere bruscă a presiunii.

În figura 14.17 este prezentată schema de funcționare a unei instalații de sterilizare în care laptele este încălzit prin injectarea de abur. Laptele proaspăt este supus preîncălzirii până la $75-80^{\circ}\text{C}$ în două trepte, pe seama aburului secundar rezultat de la expandor. Ajuns la această temperatură este pompat în capul de injecție al uperizatorului, unde în contact cu aburul direct își ridică brusc temperatura la $140-150^{\circ}\text{C}$. Durata de menținere la această temperatură este dependentă de timpul cât străbate conducta ce duce la expandor. Ca urmare a vidului parțial pe care-l găsește aici, se produce o detentă bruscă, fenomen însoțit și de o evaporare intensă. Parametrii de lucru precum temperatura și presiunea din expandor sunt reglate astfel încât apa evaporată să fie echivalentă cu aburul condensat la capul de injecție al uperizatorului.

Din expandor laptele este pompat în omogenizator și după răcire la 20°C este trimis către mașina de ambalat.

O instalație în care laptele este pulverizat într-un recipient cu abur sub presiune este prezentată în figura 14.18.

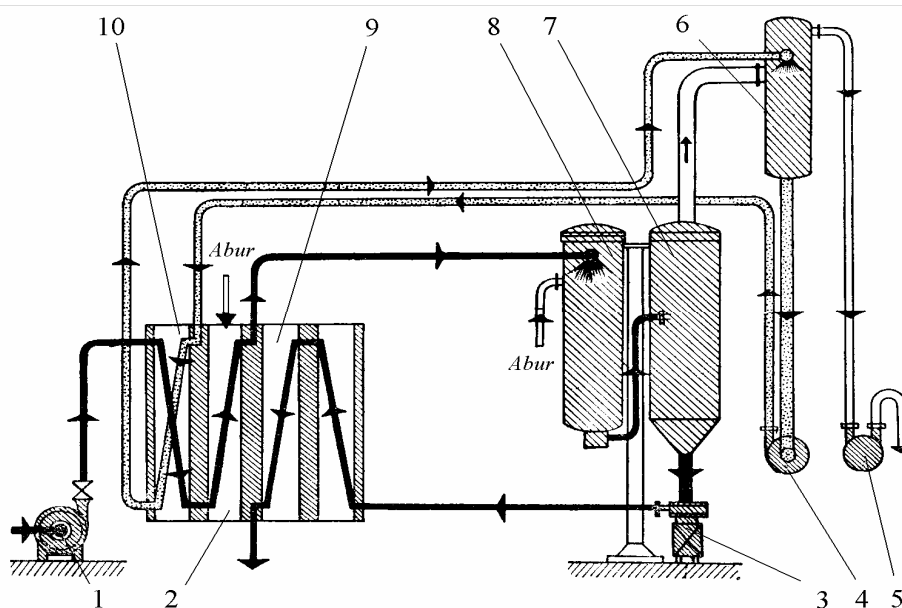


Fig. 14.18. Schema instalației de sterilizare Thermovac: 1- pompă alimentară cu lapte; 2- preîncălzitor cu abur; 3- pompă evacuare lapte sterilizat; 4- pompă recirculare apă; 5- pompă de vid; 6- condensator de amestec; 7- vas de detentă (sub vid); 8- vas sub presiune; 9- zonă răcire; 10- zonă preîncălzire cu apă de condens.

Ambalarea laptelui. După răcire laptele este păstrat în tancuri izoterme la $2-4^{\circ}\text{C}$ până în momentul când este trecut la mașinile de dozat și ambalat. În ultimul timp se folosesc cu deosebire ambalaje nerecuperabile, sub formă de recipiente prefabricate sau recipiente formate în momentul ambalării. Ca materiale folosite la confecționarea ambalajelor se pot menționa carton tratat cu parafină sau rășini sintetice (ambalaje de tip Perga), hârtie tratată cu sulfat de polietilenă (ambalaje de tip Tetra-Pak) și folie termosudabilă de polietilenă (ambalaje de tip Polipak).

14.2. Tehnologia de fabricare a conservelor de lapte

Conservarea produselor lactate are ca scop mărirea duratei de păstrare a acestora, prin distrugerea microflorei ce provoacă alterarea sau prin crearea unor condiții care să împiedice dezvoltarea proceselor microbiene în produse.

Metodele de conservare sunt următoarele:

- conservarea prin sterilizare: asigură distrugerea tuturor microorganismelor prin tratament termic și realizează o conservabilitate teoretic nelimitată;
- conservarea prin deshidratare: constă în îndepărtarea unei cantități mai mari sau mai mici de apă, având drept consecință reducerea sau chiar încetarea activității vitale a microorganismelor;
- conservarea prin adaos de zahăr: are la bază creșterea presiunii osmotice și care implică afectarea dezvoltării microorganismelor.

Dintre conservele de lapte obținute prin aceste metode de conservare, cele mai importante sunt laptele concentrat sterilizat, laptele concentrat cu sau fără zahăr și laptele uscat sau laptele praf. Datorită valorii nutritive ridicate, a duratei mari de păstrare și a posibilităților multiple de depozitare și transport, conservele de lapte sunt folosite atât ca atare în alimentație, cât și ca materie primă la realizarea unor produse în diverse subramuri ale industriei alimentare (panificație, paste făinoase, produse de patiserie și cofetărie, etc.).

Tehnologia de fabricare a conservei de lapte concentrat. Din gama produselor lactate concentrate se pot menționa laptele concentrat sterilizat, laptele concentrat cu zahăr, laptele concentrat cu adaosuri (cafea, cacao, arome de fructe, etc.), lapte smântânit concentrat, zer și zară concentrată.

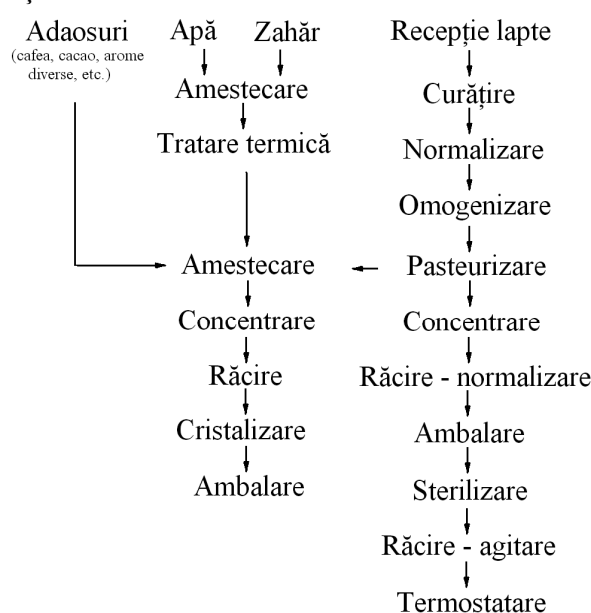


Fig. 14.19. Schema tehnologică de obținere a laptelui concentrat

În figura 14.19 este prezentată schema tehnologică de fabricare a laptelui concentrat sterilizat și cu adaosuri diverse.

Laptele concentrat cu zahăr și alte adaosuri este un aliment foarte mult utilizat în alimentație, materia primă, respectiv laptele trebuind să corespundă integral condițiilor privitoare la starea de igienă și de stabilitate a sistemului coloidal.

Etapile preliminare sunt reprezentate de recepția calitativă și cantitativă a laptelui, curățirea centrifugală și normalizarea, toate având ca obiectiv obținerea unei materii prime de calitate.

Pasteurizarea are rolul de a distruge microorganismele și enzimele, fiind modificate favorabil și unele proprietăți fizice precum vâscozitatea și

stabilitatea laptelui. De regulă, pasteurizarea laptelui destinat concentrării se face în aparate de tipul schimbătoarelor de căldură cu plăci, la temperaturi cuprinse între 85-95 °C, pe o durată de 10-20 minute. Acest regim termic de pasteurizare permite distrugerea în totalitate a microorganismelor dăunătoare sănătății, enzimele și germenii nesporulați.

Amestecarea este operația prin care laptele pasteurizat se combină cu siropul de zahăr și alte adaosuri, realizată înainte de concentrare sau simultan cu concentrarea laptelui.

Zahărul care se adaugă în lapte are rol atât de îndulcitor, cât și de conservant, concentrația acestuia fiind stabilită în funcție de produsul final (de regulă este de 40-45 %) și ea trebuie respectată deoarece excesul de zahăr determină suprasaturarea produsului, cu formarea de cristale de zaharoză în timpul depozitării, în timp ce o concentrație mai scăzută nu mai asigură condițiile de conservare.

Zahărul folosit trebuie să corespundă integral cerințelor fizico-chimice și bacteriologice, iar pentru a evita infectarea laptelui cu microorganismele din zahăr, acesta se introduce sub formă de sirop tratat termic (încălzit timp de 10 minute la 90-95 °C) direct în concentrator, odată

cu laptele sau amestecat cu laptele pasteurizat, în ambele situații temperatura siropului de zahăr trebuie să fie mai mare de 80°C .

Atunci când amestecarea se realizează în concentrator, laptele rezultat de la pasteurizare are temperatura de ieșire de minim 85°C , temperatură la care se introduce în instalațiile de concentrare, evitând astfel pe de o parte arderea laptelui (se produce la contactul direct al laptelui rece cu suprafețele încălzite ale camerelor de concentrare, afectând culoarea și gustul acestuia), iar pe de altă parte asigurând o mai rapidă și omogenă concentrare.

Concentrarea este o operație specifică și constă în eliminarea unei părți din apa conținută de laptele cu adaosuri de zahăr și alte produse, având ca efect scăderea volumului și creșterea concentrației în substanță uscată, mărirea presiunii osmotice și implicit a conservabilității produsului.

Pentru a evita modificarea echilibrului coloidal al laptelui, eliminarea parțială a apei (concentrarea se realizează la un raport de $1/2$ până la $1/3$) se face la temperaturi scăzute de maxim $50-60^{\circ}\text{C}$ sub vid, până când densitatea laptelui la 50°C este de $1,270 - 1,295$ iar conținutul în substanță uscată la 20°C este de $72,8 - 73,0\%$.

În industria alimentară se folosesc o multitudine de instalații de concentrare, pentru lapte fiind folosite cu precădere cele cu flux continuu și de tip tubular, cu peliculă ascendentă sau descendentă, concentrarea fiind realizată în una sau mai multe trepte. Deoarece laptele concentrat este pulverizat fin în tuburile încălzite din exterior, cu realizarea unui schimb de căldură foarte bun, instalațiile de concentrare cu peliculă descendentă sunt utilizate pe scară largă. În figura 14.20 este prezentată schema unei instalații de concentrare în două trepte de tip Nagema, iar în figura 14.21 schema unei instalații de concentrare în trei trepte de tip ANHYDRO.

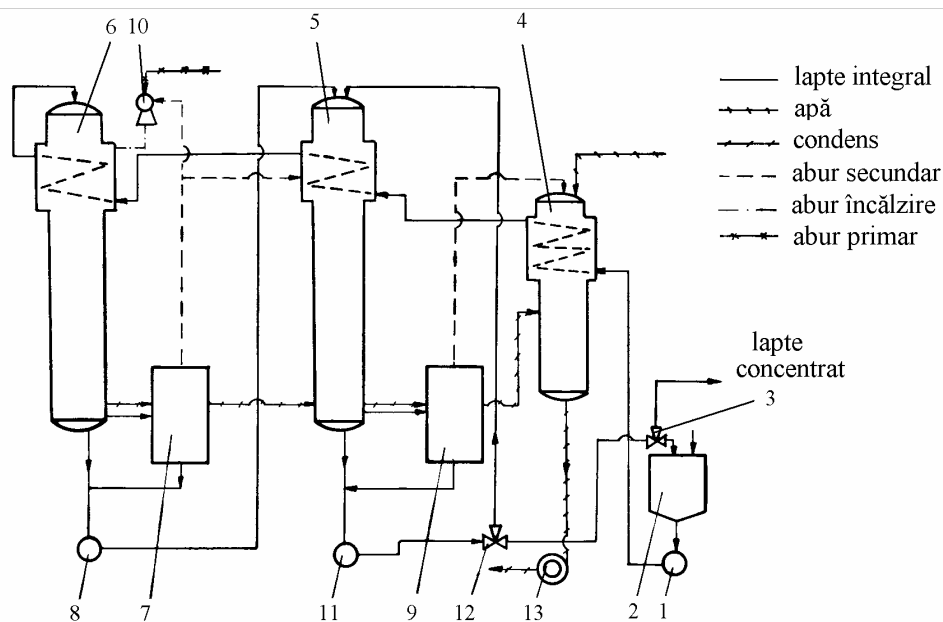


Fig. 14.20. Schema instalației de concentrare cu dublu efect, termocompresie și curent descendent Nagema: 1,8,11- pompe lapte; 2- rezervor lapte; 3,12- robinet cu trei căi; 4- condensator; 5,6- concentratoare; 7,9- separatoare de picături; 10- ejector; 13- pompă vid

Instalația Nagema realizează concentrarea laptelui în două trepte încălzite din exterior cu abur, depresiunea din camerele de concentrare determinând o scădere a temperaturii de vaporizare a apei la $50-60^{\circ}\text{C}$, temperatura fiind cu atât mai scăzută cu cât crește depresiunea din camere.

Prin concentrarea laptelui în instalația cu trei trepte de concentrare de tip ANHYDRO, procesul de lucru este mai bine controlat și parametrii de lucru permit realizarea unei calități superioare a produsului finit.

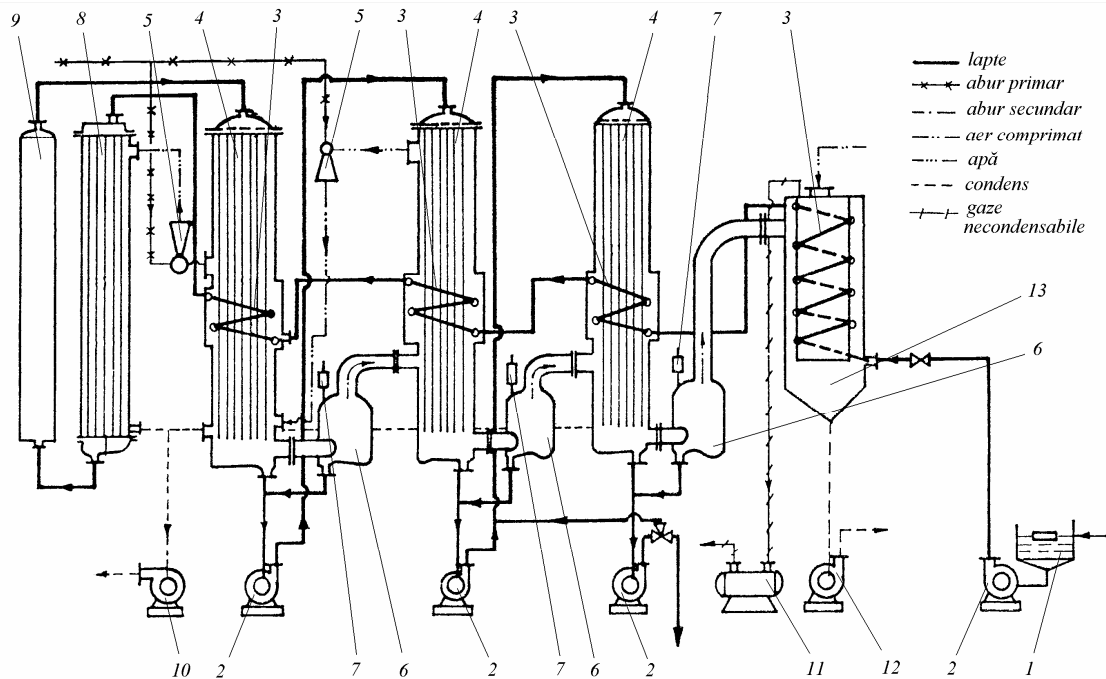


Fig. 14.21. Schema instalației de concentrare cu triplu efect tip ANHYDRO: 1- rezervor lapte; 2- pompă lapte; 3- circuit încălzire; 4- concentrator; 5- ejector; 6- separator picături; 7- termometru; 8- pasteurizator; 9- corp menținere temperatură; 10,12- pompă condens; 13- condensator semibarometric.

Răcirea și cristalizarea laptelui concentrat. După atingerea gradului de concentrare laptele trebuie răcit rapid într-o primă fază și moderat în faza a doua. Răcirea rapidă este necesară atât din punct de vedere bacteriologic, dar și pentru a atenua efectele de îngroșare și decolorare favorizate de temperaturile relativ ridicate.

Pe de altă parte, în procesul de evaporare a apei se formează în lapte o soluție de lactoză care, la răcire cristalizează. Dacă răcirea se face lent are loc formarea unui număr redus de cristale care cresc foarte mult, imprimând produsului o consistență nisipoasă, în timp ce o răcire rapidă determină formarea unui număr foarte mare de cristale fine în lapte, conferindu-i acestuia o consistență granulară mai bună.

Laptele ce iese din concentrator se răcește la 30°C , iar pentru accelerarea cristalizării lactozei (cu formarea unui număr mare de centre de cristalizare) de adaugă 0,1 % lapte concentrat sau 0,02 % lactoză, după care răcirea se continuă până la $17-18^{\circ}\text{C}$, temperatură la care se menține timp de 40-60 minute cu agitare continuă, procesul de cristalizare fiind considerat corect atunci când cristalele de lactoză nu depășesc 0,01 mm.

Păstrarea laptelui concentrat se face în vase închise, având posibilitatea corectării, atunci când este cazul, a conținutului în grăsime sau apă, operație ce trebuie evitată pe cât posibil. Dacă acest lucru este necesar, normalizarea laptelui concentrat se face, după caz, cu apă fiartă și filtrată steril, smântână sau lapte smântânit ce au fost supuse unei pasteurizări apropiate de cea a laptelui concentrat.

Ambalarea laptelui concentrat. Din vasele de păstrare laptele concentrat este trecut în ambalaje, iar pentru evitarea unei eventuale contaminări, operația se realizează în încăperi speciale cu condiții de igienă stricte. Aerul din camera de ambalare este filtrat steril și menținut constant la temperatura de $14-16^{\circ}\text{C}$, iar ambalajele se sterilizează cu abur sau cu raze ultraviolete, în primul caz uscarea fiind realizată cu aer steril.

Laptele concentrat sterilizat. Ca materie primă poate fi folosit laptele integral sau smântânit, produsul finit fiind consumat ca atare sau folosit în diverse subramuri ale industriei alimentare. Ca produs se aseamănă cu laptele concentrat cu zahăr și alte adaosuri, cu deosebirea că în acest caz conservabilitatea este asigurată prin sterilizare, compoziția chimică a celor două tipuri de produse fiind prezentată în tabelul 14.1.

Tabelul 14.1. Compoziția chimică medie a produselor lactate concentrate, în %

Componentul	Lapte concentrat cu zahăr	Lapte concentrat sterilizat
Apă	25-27	50-70
Substanță uscată totală	28-32	25-50
Grăsimi	8-9	8-15
Substanță uscată neagră	20-24	20-35
Proteine	8-9	8-15
Lactoză	11-14	11-15
Săruri minerale	1,5-1,8	1,4-1,7
Zaharoză	40-45	-

Operațiile preliminare de recepție, curățire, normalizare și omogenizare sunt asemănătoare ca în cazul laptelui concentrat cu adaosuri. Pasteurizarea este caracterizată printr-un regim termic mai sever, laptele fiind menținut timp de 10 minute la o temperatură de 95-100 °C.

Concentrarea se realizează în aceleași tipuri de instalații, cu mențiunea că gradul de concentrare depinde de tipul produsului și are valori cuprinse între 25-50 % S.U., în cele mai multe situații concentrarea mergând până la 26-28 % S.U., ceea ce corespunde unei densități de 1,055 -1,065 la temperatura de 20 °C.

Omogenizarea se aplică imediat după concentrare și urmărește dispersarea grăsimii și omogenizarea emulsiei, evitând astfel separarea ei ulterioară, stabilitatea fiind favorizată și de creșterea vâscozității laptelui în urma omogenizării. Pentru aceasta se folosesc omogenizatoare cu șoc mecanic la care presiunea în prima treaptă este de 170-250 atmosfere și de 50 atmosfere în cea de-a doua treaptă, mărirea presiunii determinând o creștere a vâscozității.

Răcirea și normalizarea laptelui concentrat sterilizat presupune aducerea sa la temperatura de 10-12 °C și depozitarea în vane sau tancuri izoterme, pe o durată de maxim 13-15 ore. Normalizarea este o operație ce ar trebui evitată, dar care, în cazul depășirii gradului de concentrare în substanță uscată sau conținutul în grăsimi nu este cel dorit, se poate face dar în condiții stricte de igienă și cu produse tratate termic asemănător cu laptele concentrat, evitând astfel infectarea acestuia.

Ambalarea laptelui concentrat se face în cutii metalice de diverse capacități, închise ermetic și supuse unui control al etanșeității, pentru aceasta fiind folosite mașini de ambalat speciale.

Sterilizarea este operația principală și are ca scop distrugerea completă a microorganismelor și a enzimelor, prin acest tratament termic fiind favorizată și o creștere a vâscozității laptelui concentrat. Instalațiile de sterilizare sunt de tipul cu funcționare continuă sau discontinuă, în ambele cazuri durata medie de sterilizare fiind 15 minute la o temperatură de 115 °C.

Răcirea și agitarea. După încheierea procesului de sterilizare cutiile metalice cu lapte concentrat sunt răcite la 20-25 °C, prin pulverizarea apei reci timp de 15-20 minute, iar pentru omogenizarea conținutului se face agitarea timp de 2-5 minute în aparate speciale.

Termostatarea este o operație necesară în vederea verificării stabilității și eficienței sterilizării. Pentru aceasta cutiile cu lapte concentrat se păstrează timp de 10 zile într-o cameră a cărei temperatură este menținută constant la 37 °C, după care, în urma sortării, sunt îndepărtate acelea care prezintă bombaj sau sunt închise defectuos. În final cutiile se depozitează în lăzi la temperatura de 5-15 °C, în camere cu umiditatea aerului de 85 %.

Produsele lactate uscate se prezintă sub formă de pulbere a căror consistență este asigurată prin eliminarea a circa 95 % din apa pe care o conțin, principala problemă a acestor produse constând în păstrarea nealterată a caracteristicilor materiei prime, astfel că prin dizolvarea lor în apă să se poată reconstitui cât mai exact materia primă.

Din această categorie de conserve fac parte laptele praf integral, laptele praf smântânit sau degresat în diverse proporții, laptele praf acidulat cu acid lactic, laptele praf acidificat pe cale

fermentativă, la care se mai adaugă zerul și zara sub formă de praf. Ca urmare a conservabilității ridicate și a posibilității de obținere a unor compoziții constante, produsele uscare și-au găsit o largă utilizare în obținerea unor sortimente folosite în alimentația copiilor, precum și în industria produselor de patiserie și cofetărie.

Laptele praf integral sau smântânit se obține după o schemă tehnologică precum cea din figura 14.22, principalele faze tehnologice fiind tratarea preliminară a laptelui, concentrarea și uscarea acestuia. Compoziția chimică medie a laptelui praf este prezentată în tabelul 14.2.

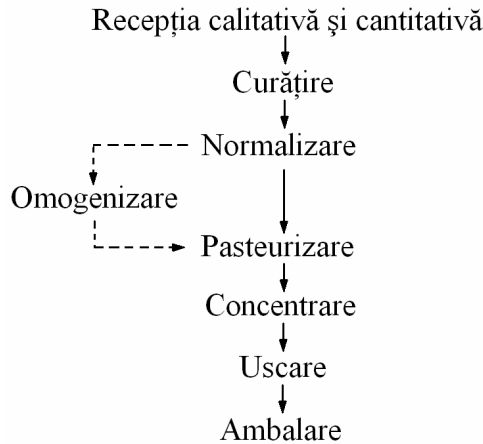


Fig. 14.22. Schema tehnologică de fabricare a laptelui praf

Materia primă folosită trebuie să corespundă din punct de vedere calitativ normelor impuse ca și în cazul laptelui concentrat. După ce este trecut prin curățitorul centrifugal, laptele este supus normalizării în vederea obținerii unui produs finit cu o compoziție dorită. Se recomandă ca laptele utilizat la fabricarea produselor uscate să fie omogenizat, realizându-se astfel o creștere a digestibilității și conservabilității, pe baza reducerii proceselor de oxidare a grăsimii din lapte.

Pasteurizarea laptelui este necesară la obținerea de lapte praf, deoarece metodele de uscare nu asigură distrugerea completă a unor fabricare germeni patogeni. Astfel, în practică se alege temperatura de pasteurizare de peste 80 °C la laptele smântânit și peste 85-90 °C în cazul laptelui

integral sau normalizat.

Concentrarea laptelui înainte de uscare este necesară deoarece se reduce considerabil durata procesului de lucru și mărește randamentul instalației de uscare, iar datorită concentrării produsul finit are un grad mic de afânare, ușurând ambalarea. La obținerea produselor uscate gradul de concentrare este mai mare decât la produsele lactate concentrate, fiind de 47-48 % S.U.

Uscarea laptelui asigură eliminarea apei prin două procedee: uscarea în peliculă și uscarea prin pulverizare.

Tabelul 10.2. Compoziția chimică medie a laptelui praf, în %

Componentul	Lapte praf integral	Lapte praf smântânit
Apă	4	5
Substanță uscată	96	95
Grăsimi	25	0,3-0,9
Lactoză	35-39	45-51
Proteine	26-30	34-39
Săruri minerale	6-7	6-9
pH lapte reconstituit	6,5	6,5

Procedeul de uscare a laptelui în peliculă sau pe valțuri, presupune antrenarea laptelui concentrat sub formă de peliculă pe suprafața unor cilindri care se rotesc și a căror temperatură este de 140-150 °C, un timp de 2-3 secunde. Răspândit uniform pe suprafața valțurilor, pelicula de lapte, preîncălzită la circa 70 °C, elimină rapid apa astfel că laptele nu atinge efectiv temperatura valțurilor. Pelicula uscată, formată la suprafața valțurilor este desprinsă cu ajutorul unor cuțite de raclare și trimisă către măcinare la morile cu ciocane. Încălzirea valțurilor se face la interior cu abur, acestea având o turație de lucru de 15-20 rot/min, astfel ca timpul de contact al peliculei cu suprafața lor să fie cel specificat.

Calitatea lucrului este influențată de gradul de concentrare a laptelui, de menținerea constantă a temperaturii valțurilor, de asigurarea unei pelicule de lapte uniform repartizată pe suprafața de lucru, de evacuarea apei evaporate și a aerului umed din incinta de lucru,

nerealizarea acestor condiții determinând o supraîncălzire a laptelui și creșterea riscului de ardere a acestuia, cu efecte nefavorabile asupra calității și însușirilor organoleptice

Procedeul de uscare a laptelui prin pulverizare sau atomizare constă în pulverizarea fină, sub formă de ceață de vapori a laptelui concentrat, într-o incintă sau cameră de uscare în care se introduce aer cald.

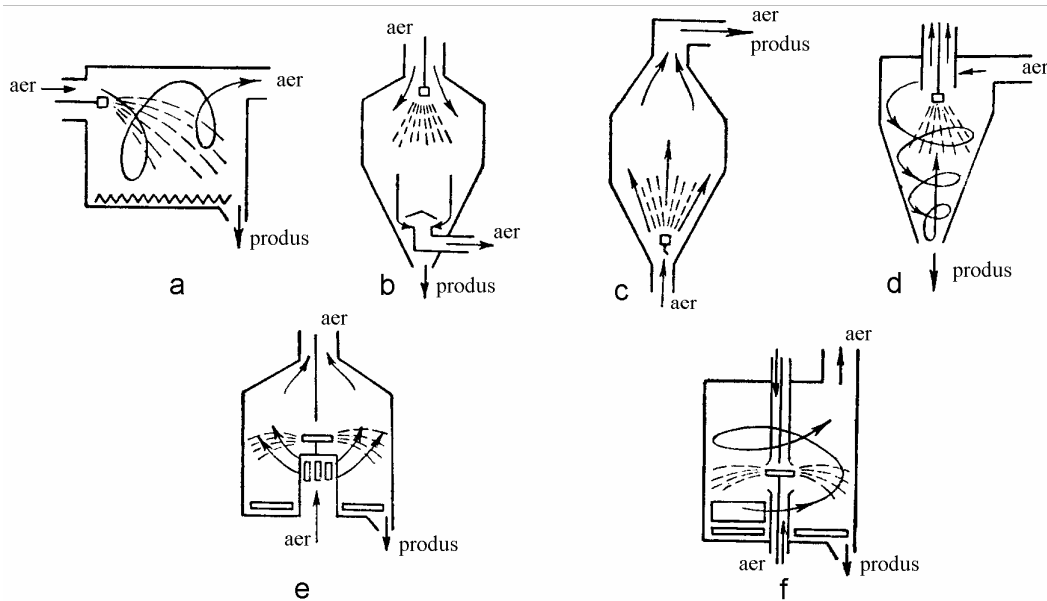


Fig. 14.23. Sisteme de circulație a aerului și laptelui în camerele de uscare: a- în echipament orizontal; b- în echipament vertical de sus în jos; c- în echipament vertical de jos în sus; d- în curent mixt elicoidal; e- în contracurent; f- în contracurent mixt circular.

În practică sunt foarte multe variante de camere de uscare, atât ca formă constructivă, cât și din punctul de vedere al sistemului de circulație a aerului cald și a laptelui concentrat (fig. 14.23). Pentru oricare dintre aceste soluții, laptele este pulverizat în incinta camerei, pentru aceasta fiind utilizate dispozitive de pulverizare, și care pot fi:

- dispozitiv de pulverizare cu injector: laptele concentrat este trimis sub o presiune cuprinsă între 140-210 bari, printr-un orificiu cu diametrul de 0,10-0,125 mm, fiind pulverizat fin; au dezavantajul că duzele au tendința de înfundare, precum și de deformare a jetului ca urmare a uzurii în timp a orificiilor;
- dispozitive de pulverizare pneumatice: laptele concentrat este trimis sub formă de jet sub presiune printr-un orificiu, pulverizarea fiind accentuată de către jeturi de aer comprimat care dispersează în particule foarte fine;
- dispozitive de pulverizare centrifugale: laptele concentrat este introdus la presiune normală într-un cap de pulverizare prevăzut cu orificii și care se rotește cu turații ce variază între 6000-20000 rot/min; dimensiunea picăturilor depinde de viteza de rotație și, comparativ cu primele două dispozitive, particulele de lapte praf rezultate sunt mai mari.

În figura 10.24 este prezentată schema instalației de uscare a laptelui ANHYDRO, iar în figura 10.25. instalația Niro-Atomiser. Temperatura ridicată a aerului cald și suprafața de schimb de căldură mare dintre particulele de lapte și aer, determină uscarea instantanee a laptelui, cu avantajul că, datorită evaporării foarte rapide a apei, picăturile de lapte ating o temperatură de 62-65 °C, iar timpul de contact cu agentul de încălzire este foarte scurt.

Praful de lapte obținut la uscarea prin pulverizare este calitativ superior, sub aspectul solubilității, celui uscat pe valțuri, având un grad de solubilitate de peste 99 %, față de 80-85 %, în schimb laptele praf obținut prin uscarea sub formă de peliculă are un conținut de germeni (mai ales forme sporulate) mai scăzut decât la cel obținut prin pulverizare și datorită modificărilor pe

care le suferă grăsimile și proteinele sub acțiunea căldurii la contactul cu valțurile, o digestibilitate superioară.

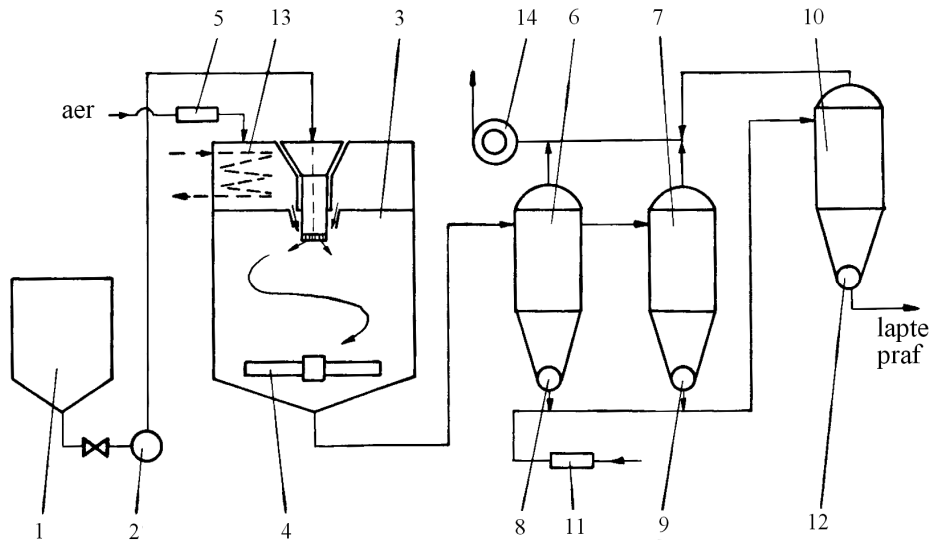


Fig. 14.24. Schema instalației de uscare a laptelui tip ANHYDRO: 1- rezervor lapte; 2- pompă; 3- turn de uscare; 4- paletă evacuare pulbere; 5,11- filtru aer; 6,7- ciclon; 8,9,12- ecluză; 10- ciclon separare finală; 13- încălzitor aer; 14- ventilator aer uzat

Ambalarea laptelui praf. Caracterizat printr-o higroscopicitate ridicată, laptele praf este influențat sub aspect calitativ de aer, lumină și căldură, astfel că materialele din care se realizează ambalajul trebuie să prezinte o rezistență mecanică bună, precum și impermeabilitate pentru apă și aer.

Materialul cel mai folosit la ambalarea laptelui praf este polietilena, aplicată ca stratul interior pentru ambalajul din hârtie și care se închide prin termosudare. În vederea asigurării unei mai bune protecții față de apă și gaze, s-au realizat materiale combinate de tipul pliofilm-pergament vegetal-polietilenă (folosit la ambalarea sub vid) sau folie de aluminiu cașerată cu polietilenă sau pliofilm.

Laptele praf destinat unor ramuri industriale se ambalează în cutii metalice din tablă cositorită sau în saci din hârtie multistrat, căptușiți la interior cu polietilenă. Tot în cutii metalice se ambalează și o parte din produsele lactate uscate destinate alimentației copiilor, acestea fiind îmbunătățite sub aspectul conținutului și al valorii energetice cu vitamine, săruri minerale, protide, glucide, arome diverse, etc.

Indiferent de tipul ambalajului folosit, operație de ambalare se realizează în spații izolate și cu măsuri de igienă stricte, cel mai adesea ambalarea se face pe mașini automate în atmosferă de gaz inert.

Produsele lactate acide uscate sunt destinate aproape în exclusivitate pentru hrana copiilor, cu deosebire a sugarilor ce nu pot beneficia de suficient lapte matern. Pentru a aduce laptele de vacă la condițiile de compoziție și digestibilitate apropiate de laptele matern, acesta se supune unor operații de prelucrare specifice, cu efecte asupra cazeinei, grăsimii și lactozei.

Dacă se adaugă în aceste produse acidificate și compuși de tipul dextrină, zaharoză sau maltoză, rezultă o repartizare omogenă a flocoanelor de cazeină și grăsime, produsul va fi mai ușor resorbit de către tubul digestiv al sugarului, cu formarea și dezvoltarea unei microflore intestinale capabile de sintetizare a complexului de vitamine B.

Din categoria produselor lactate acide uscate se pot menționa: laptele fermentat uscat sau babeurul, laptele uscat acidificat cu acid lactic și laptele uscat acidificat cu acid lactic și adaosuri de hidrați de carbon.

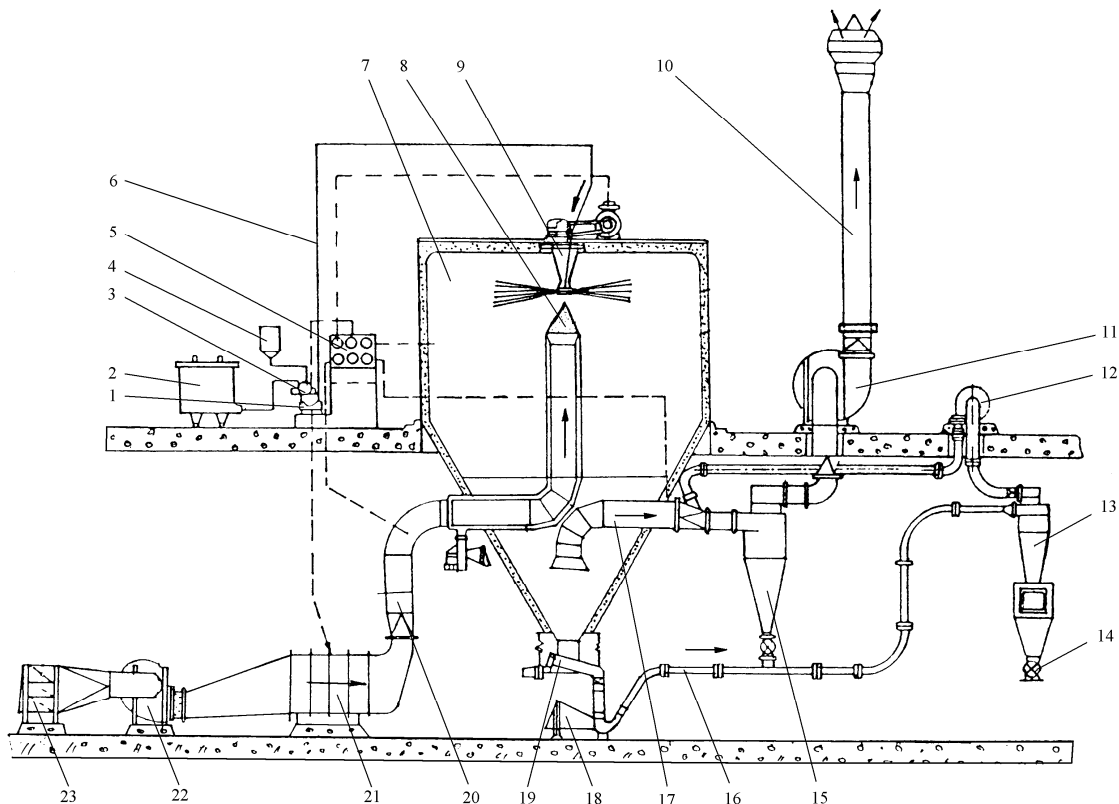


Fig. 14.25. Schema instalației de uscare Niro-Atomiser: 1- pompă lapte; 2- rezervor alimentare; 3- robinet cu trei căi; 4- vas cu apă; 5- tablou de comandă; 6- conductă alimentare; 7- cameră (turn) de uscare; 8- distribuitor aer cald; 9- dispozitiv de pulverizare; 10- conductă evacuare aer; 11,12,22- ventilator; 13,15- ciclon; 14- ecluză evacuare produs; 16- conductă transport pneumatic; 17- conductă aspirație amestec aer-praf; 18,23- filtru aer; 19- sistem vibrator; 20- conductă aer cald; 21- baterie încălzire aer.

Materia primă o constituie laptele de vacă de foarte bună calitate, provenit de la animale crescute pe pajiște, fără hrănirea cu nutrețuri fermentate și furaje concentrate, la care timpul scurs din momentul mulsului și până la prelucrare este cât mai scurt cu puțință.

Laptele praf fermentat se obține din lapte integral sau smântânit, cel mai des se fabrică din lapte cu 1,3-1,5 % grăsime și care în produsul uscat asigură 14 % grăsime.

La toate categoriile de produse acide uscate, tratamentul termic este unul destul de sever, deoarece se urmărește distrugerea germenilor patogeni și coliformi, temperatura de pasteurizare fiind de 115-120 °C. Ca efect al temperaturii ridicate crește stabilitatea sărurilor în procesul de concentrare, iar lipaza, care poate afecta gustul și mirosul produsului prin scindarea grăsimii, este distrusă.

Laptele pasteurizat este trecut în instalațiile de concentrare, unde este adus la un procent de 25 % substanță uscată, valoare la care procesele fermentative ulterioare permit obținerea unei structuri și vâscozități necesare pulverizării în turnurile de uscare.

Fermentarea laptelui concentrat este operația cea mai importantă în cadrul procesului tehnologic și se realizează pe baza unor combinații de culturi de *Streptococcus lactis* și *Lactobacillus acidophilus*, sub formă de maiele de producție, în proporții care să asigure o capacitate ridicată de acidifiere în timp scurt, cu formarea de precipitat uniform și cu structuri fină, omogen și fluid. Regimul de fermentare depinde de tipul produsului final și se desfășoară timp de 6,5-7 ore la temperatura de 30 °C, în vase speciale termostatare, în partea a doua a intervalului de timp fiind asigurată o amestecare (agitare) a laptelui pentru a produce omogenizarea compoziției ca urmare a precipitării cazeinei, aciditatea finală a laptelui fiind de 550-600 °T.

După fermentare laptele concentrat se omogenizează într-o treaptă la presiunea de 120-150 bari, după care este trecut la capul de pulverizare centrifugal, de construcție specială, al instalației de uscare. Aici timpul de contact cu aerul cald trebuie să fie cât mai scurt, laptele praf fiind evacuat imediat din turnul de uscare și răcit la 25 °C, pentru a se preveni eventuale modificări ale grăsimilor.

Ambalarea laptelui praf fermentat se face pe mașini speciale sub vid, în cutii metalice, fapt ce permite păstrarea acestuia un timp îndelungat.

Laptele praf acidulat cu acid lactic este un produs obținut din lapte de vacă, normalizat la 2,9-3,0 % grăsime și care în urma uscării are un conținut în grăsime de 26 %, asemănător laptelui praf integral. După pasteurizare și concentrare la 23 % substanță uscată, laptele este supus operației de acidifiere.

Operația de acidifiere este cea care determină calitatea produsului finit și ea trebuie condusă cu multă atenție. Se urmărește precipitarea cazeinei sub formă de particule fine și asigurarea unui pH care să permită inhibarea acțiunii unor microorganisme din flora intestinală, dar și o mai bună digestibilitate. Pentru o bună acidifiere a laptelui concentrat se folosește acid lactic alimentar în concentrație de 50 %, cantitatea adăugată trebuind să asigure o aciditate de 440-450 °T, și o valoare a pH-ului de 4,62. Acestea se realizează la o temperatură de lucru de 30 °C, timp de 30-40 minute și cu agitarea permanentă a laptelui.

Operațiile de omogenizare, uscare și ambalare sunt asemănătoare ca și în cazul laptelui praf fermentat.

Laptele praf acidificat și cu adaosuri de hidrați de carbon are aceeași tehnologie de fabricație ca și cel acidificat, cu deosebirea că în materia primă se adaugă un amestec de hidrați de carbon care, prin acțiunea stabilizatoare asupra coloizilor, previn precipitarea cazeinei sub formă de particule grosiere, măbind valoarea nutritivă și energetică a produsului.

14.3. Tehnologia de fabricare a produselor lactate acide

Produsele lactate acide sunt acele produse preparate din lapte cu culturi de bacterii lactice. Astfel, lactoza din lapte este fermentată de bacteriile lactice cu formarea de acid lactic, fapt ce determină o creștere a acidității laptelui și coagularea sa.

Bacteriile lactice care iau parte la fermentarea laptelui au acțiune antimicrobiană asupra numeroaselor bacterii patogene, iar prin acidul lactic pe care îl produc împiedică dezvoltarea în intestin a microflorei dăunătoare. De asemenea, sub acțiunea bacteriilor lactice substanțele proteice suferă transformări chimice majore, fiind descompuse în forme mai ușor asimilabile de către organism.

Produsele lactate acide conțin toate elementele nutritive ale laptelui din care sunt preparate, sunt asimilate complet, au efect antiseptic și refac microflora intestinală, motive pentru care sunt folosite și cu rol curativ, în tratamentul prin alimentație al diferitelor boli, dar și pentru satisfacerea nevoilor fiziologice ale organismului.

Din gama produselor lactate acide cele mai răspândite sunt iaurtul, laptele bătut, laptele acidofil și chefirul, schema tehnologică de fabricare a lor fiind prezentată în figura 14.26. În unele materiale aceste produse lactate acide se mai numesc și dietetice deoarece se pot prepara din lapte smântânit, până la un conținut de 0,1 % grăsime.

Prepararea maielei sau a culturilor de producție. Maielele sau culturile de producție au un rol hotărâtor în ceea ce privește obținerea unui anumit proces fermentativ, dar și asupra valorii nutritive și a caracteristicilor organoleptice ale produsului finit.

Maielele sunt culturi formate din una sau mai multe specii de bacterii lactice, cultivate prin transplantări repetate pe lapte și care, prin însămânțarea în lapte, imprimă acestuia un anumit proces fermentativ, calitatea și puritatea lor bacteriologică constituind, alături de materia primă, un factor foarte important în obținerea de produse corespunzătoare calitativ.

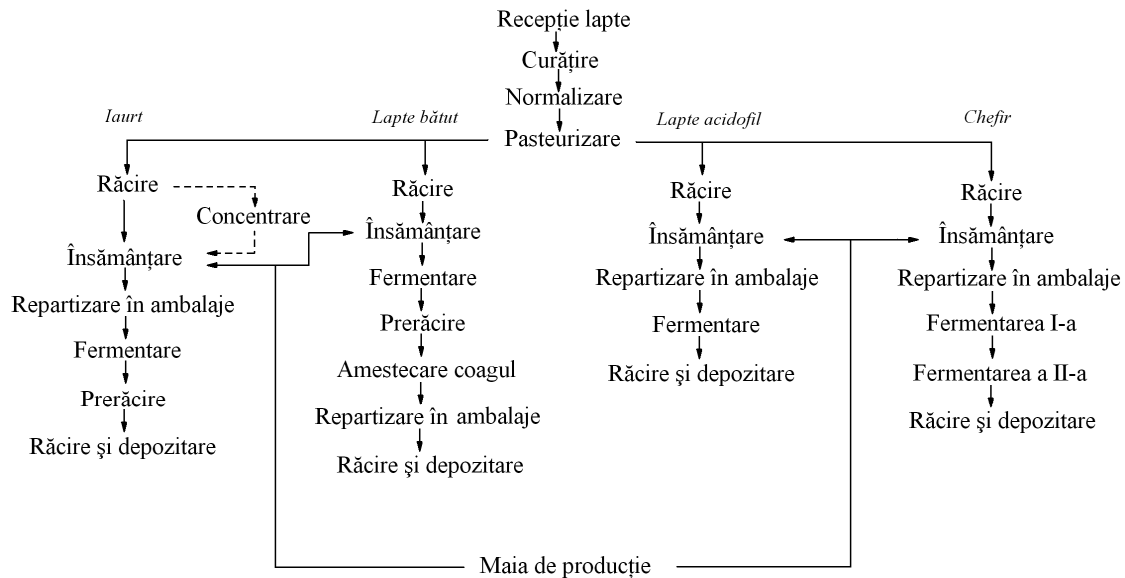


Fig. 14.26. Schema tehnologică de fabricare a produselor lactate acide

Laptele destinat preparării maielelor trebuie să fie proaspăt, de foarte bună calitate și să provină de la animale sănătoase, supuse periodic unui control igienic. El se pasteurizează în vane speciale timp de 30 minute la temperatura de 90-95 °C, după care este răcit imediat la temperatura de însămânțare.

Însămânțarea laptelui se face cu culturi pure selecționate, preparate în laboratoare specializate. Acestea sunt livrate în stare lichidă (sunt mai active, dar sunt mai greu de transportat și au durata de păstrare redusă) sau uscată (liofilizate prin uscare la temperaturi scăzute, sunt mai puțin active dar se pot păstra o perioadă mai îndelungată de timp). La obținerea produselor lactate acide se folosesc culturi separate sau mixte, formate din sușe ale aceleiași specii, cei mai importanți indicatori fiind puterea acidifiantă și capacitatea aromatizantă.

Maiua primară se obține prin însămânțarea laptelui pasteurizat și răcit cu cultură pură de laborator, felul culturii, proporția de însămânțare, temperatura și durata de termostatare depinzând de produsul pentru care se pregătește maiua. După termostatare maiua se răcește brusc la 1-2 °C, temperatură la care se asigură păstrarea până la folosire.

Maiua secundară se obține din maiua primară prin însămânțare cu cultură pură, urmată de termostatare și răcire în aceleași condiții ca la maiua primară.

Maiua de terțiară sau de producție se prepară din maiua secundară printr-o nouă însămânțare, urmând aceeași tehnică. Calitativ ea trebuie să prezinte caracteristicile produsului finit sub aspectul consistenței, gustului și aromei, să fie pură, activă și să-și mențină însușirile un timp cât mai îndelungat.

Pentru a asigura puritatea necesară culturilor de producție, acestea se pregătesc în încăperi speciale în care aerul, utilajele și ustensilele folosite sunt sterilizate, calitatea culturilor trebuind controlată permanent prin examen organoleptic, microbiologic și chimic.

Păstrarea maielelor se face la temperatura de 1-2 °C cel puțin 5-6 ore înainte de folosire, timp necesar formării și acumulării substanțelor aromatizante, în condiții stricte de igienă.

Pregătirea preliminară a materiei constă în recepția calitativă și cantitativă a întregii cantități de lapte, curățirea centrifugală de impurități, normalizare, omogenizare și pasteurizare. Tratamentul termic determină precipitarea parțială a cazeinei și precipitarea totală a albuminei, trecerea în stare insolubilă a unei părți din fosfații și citrații din lapte, măbind capacitatea de hidratare a cazeinei, toate aceste fenomene având efecte favorabile asupra consistenței coagulului.

Însămânțarea. Laptele pasteurizat este răcit, în funcție de tipul produsului, la temperatura de însămânțare (18-48 °C) când se introduce maiaua de producție, de preferință cu 0,1-0,2 % mai mult decât necesarul teoretic. În acest timp laptele se agită puternic pentru distribuirea cât mai uniformă a maiei, evitând astfel formarea de particule de maia ce pot deveni centri de fermentare și care determină apariția spațiilor umplute cu zer.

Repartizarea în ambalaje și fermentarea. Repartizarea laptelui în ambalaje se face, în funcție de produs, imediat după însămânțare când fermentarea se desfășoară în ambalaje, respectiv după fermentare în vane sau tancuri izoterme. În primul caz laptele se repartizează în ambalaje mici (cutii din carton parafinate, pahare de plastic, etc.) care se introduc în spații termostatare, iar în cel de-al doilea caz laptele fermentat în vane se repartizează în aceleași tipuri de ambalaje.

Fermentarea lactică începe prin transformarea lactozei în glucoză și galactoză, sub acțiunea lactazei, urmată de trecerea monozaharidelor în acid lactic sau în acid lactic și produși secundari, în funcție de natura microorganismelor (bacterii lactice homofermentative sau heterofermentative), cu formarea substanțelor de aromă, un rol important avându-l în acest sens diacetilul.

Acidul lactic înlocuiește calciul din moleculele de cazeinat de calciu și formează cazeina lactică. Când se atinge pH-ul de 4,7 are loc coagularea cazeinei cu formarea gelului caracteristic, iar în lipsa formării de gaze, coagulul este continuu și uniform.

În cazul produselor la care se face însămânțarea cu bacterii lactice dar și cu drojzii (la fabricarea chefirului), se formează acid lactic, alcool și bioxid de carbon, calitatea produsului fiind influențată de modul cum este condusă fermentația. De obicei, fermentația lactică este intensă la început, după care se instalează fermentația alcoolică, parametrul care realizează echilibrul între cele două procese fermentative fiind temperatura.

Răcirea și depozitarea. Răcirea produsului începe imediat după terminarea fermentării și se desfășoară în două trepte:

- prerăcirea: constă în răcirea treptată a produsului (timp de circa 2 ore), de la temperatura de fermentare până la 15-20 °C și are ca scop atât întărirea coagulului, cât și împiedicarea separării timpurii a zerului; operația se desfășoară în încăperi termostatare fără deplasarea ambalajelor;

- răcirea propriu-zisă: se realizează în spații frigorifice și constă în aducerea produselor la temperatura de păstrare de 3-4 °C, cu umiditatea relativă a aerului de 80-85 %, până la distribuirea către consumator.

Produsele lactate acide se păstrează în depozite frigorifice minim 12 ore, în acest interval de timp având loc un proces de maturare cu întărirea coagulului, accentuarea aromei și gustului, durata de păstrare fiind de maxim 48 ore.

Iaurtul reprezintă cel mai răspândit sortiment din gama produselor lactate acide și rezultă în urma dezvoltării în lapte a două specii de bacterii lactice, *Lactobacillus bulgaricus* și *Streptococcus thermophilus*, între care se stabilesc raporturi simbiotice. Practic se poate obține din orice fel de lapte, cel mai des regăsindu-se iaurtul din lapte de vacă.

Normalizarea laptelui se face la 2,8 % grăsime pentru iaurtul obișnuit, pentru iaurtul dietetic se pot elimina grăsimile până la 0,1 %, în timp ce pentru iaurtul gras normalizarea poate merge până la un procent de grăsimi de 4 % în produsul finit.

Consistența este o caracteristică a iaurtului, îmbunătățirea ei fiind realizabilă prin adaos de clorură de calciu (pentru corectarea defectului coagulului moale și mărirea conținutului în substanță uscată), amestecarea laptelui de vacă cu lapte de oaie și bivoliță în diverse proporții, adaos de lapte smântânit concentrat, adaos de lapte praf integral sau smântânit, adaos de paracazeinat de sodiu, etc.

Pasteurizarea laptelui contribuie la creșterea calității și conservabilității iaurtului. Laptele se încălzește rapid la 85 °C în pasteurizator, după care se trece în vane izoterme unde continuă încălzirea, sub agitare continuă timp de 20-30 minute, la 90-95 °C.

Concentrarea laptelui se practică la fabricarea sortimentelor de iaurt tip extra, cu consistență cremoasă, gradul de concentrare presupunând o reducere a volumului laptelui cu 10-20 %, astfel ca în produsul final să avem un procent de circa 15 % substanță uscată. Prin concentrare se obține și o normalizare a structurii substanțelor proteice, creșterea conținutului de grăsime în substanța uscată, favorizând obținerea unei foarte bune consistențe, fără separarea de zer.

După pasteurizare și eventual concentrare, laptele se răcește la 45-48 °C, într-un interval de timp de 15-30 minute, temperatura fiind cu puțin peste cea optimă de dezvoltare a bacteriilor, acoperind astfel pierderile de căldură pe durata pregătirii pentru însămânțare.

Cultura de producție, omogenizată în prealabil, se diluează cu lapte și se introduce sub formă de jet în masa de lapte, amestecându-se continuu pentru uniformizarea compoziției. În funcție de calitatea laptelui, temperatura de fermentare și calitatea culturii, însămânțarea se face într-o proporție ce oscilează între 0,5-2 %, astfel ca fermentarea să decurgă în condiții optime.

Operația de însămânțare trebuie astfel condusă încât laptele să fie repartizat cât mai repede în ambalaje, iar acestea în camerele de termostatare. Umplerea ambalajelor cu lapte însămânțat este însoțită de o agitare a sa, evitând în acest fel separarea grăsimii la suprafață și asigurând o uniformitate a distribuției culturii de bacterii lactice în lapte.

Fermentarea se desfășoară la o temperatură de 42-46 °C, ce trebuie păstrată constantă și uniformă în camerele de termostatare, durata procesului fiind de cel mult 3 ore, nerespectarea acestor condiții afectând calitatea produsului finit. În cazul fabricării iaurtului din lapte de vacă fermentarea este întreruptă atunci când aciditatea este de 80-90 °T sau pH-ul a ajuns la valori de 4,65-4,7.

Răcirea iaurtului se face în două trepte: prerăcirea până la 20 °C timp de 3-4 ore, când se întărește coagulul, respectiv răcirea propriu-zisă până la 3-4 °C când coagulul se compactează și se intensifică însușirile organoleptice. Iaurtul se depozitează timp de 10-12 ore la temperatura de 2-8 °C, după care este apt pentru distribuție și consum.

Pe lângă iaurtul obișnuit se mai fabrică și alte sortimente de iaurt ce au la bază aceeași tehnologie, dar la care, alături de culturile de bacterii lactice, se adaugă diverse substanțe de aromă, gust, culoare, cu rol de stabilizator al emulsiei, fructe întregi sau divizate, etc. Dintre acestea se pot menționa:

- crema de iaurt: se prepară din lapte cu un conținut de 4 % grăsime, folosind zeamilul ca stabilizator al soluției;
- iaurt cu coagul fluid: se prepară din lapte cu 3 % grăsime folosind drept stabilizator un hidrocoloid, sub forma complexului fosfocazeinic, rezultând un produs cu consistență cremoasă, ușor fluid;
- lactofructul: se obține din lapte smântânit cu adaos de 5 % zahăr, 0,4 % gelatină, sucuri naturale de fructe cu aromă puternică, vanilină, zahăr ars, coloranți;
- iaurt cu aromă de fructe: se obține din lapte normalizat cu 2,8 % grăsime, la care se adaugă 4 % lapte praf smântânit, 6 % zahăr, arome și coloranți sub formă de soluție apoasă sau alcoolică.

Laptele bătut este unul din produsele lactate fabricate la scară industrială, ale cărui calități organoleptice sunt apreciate de consumatori. El se obține din lapte de vacă pasteurizat, fermentat cu culturi de streptococi (*lactis*, *cremoris*, *diacetilactis*) asemănătoare culturii de unt.

Conținutul în grăsime al laptelui de vacă depinde de tipul produsului ce urmează a se obține, fiind cunoscute patru sortimente de lapte bătut: slab cu maxim 0,1 % grăsime, gras cu minim 2 % grăsime, tip Sana cu 3,6 % grăsime și extra cu minim 4 % grăsime.

Pasteurizarea laptelui se face la 90-95 °C cu menținere timp de 20 minute, situație în care se asigură o consistență corespunzătoare pentru produsul finit. Răcirea laptelui se face în funcție de sortimentul fabricat: 30-32 °C pentru laptele bătut cu procent mic de grăsime, respectiv 26-28 °C pentru cele cu conținut mai ridicat în grăsimi.

Laptele răcit este însămânțat cu 1,5-3 % culturi de producție, în vane termostatare, timpul de fermentare fiind de 6-16 ore în funcție de temperatura de termostatare caracteristică

produsului fabricat. Pentru a obține produse cu consistență asemănătoare cu smântâna și aromă plăcută, se recomandă temperaturi de fermentare mai scăzute (22-24 °C).

Fermentarea se consideră încheiată atunci când aciditatea produsului este de circa 90 °T, după care produsul se răcește într-o primă treaptă, se amestecă prin agitarea energetică a coagulului până rezultă o consistență asemănătoare smântânii, apoi sub această formă se repartizează în ambalaje și se răcește la 2-8 °C. După o păstrare de minim 6 ore la această temperatură, timp în care se definitivează caracteristicile organoleptice, produsul poate fi livrat către consumatori.

Laptele acidofil este un produs lactat acid obținut prin fermentarea laptelui cu culturi pure de *Lactobacillus acidophilus*.

Materia primă pentru fabricarea laptelui acidofil trebuie să îndeplinească toate condițiile de calitate specifice laptelui de consum, normalizat la 2 % grăsime și pasteurizat la 85-90 °C, cu menținere timp de 15-20 minute. Deoarece *Lactobacillus acidophilus* nu este o bacterie lactică tipică, ea poate fi invadată ușor de bacterii lactice, motiv pentru care se recomandă ca pasteurizarea laptelui să fie înlocuită cu sterilizarea, iar procesul tehnologic să se desfășoare în condiții de igienă stricte.

După tratamentul termic laptele este răcit la 42-44 °C, după care se face însămânțarea cu 3-5 % cultură de producție. Pentru a evita apariția unor defecte datorate abaterii de la temperatura și durata optimă de termostatare, în lapte se adaugă un surplus de maia față de doza stabilită teoretic.

Fermentarea durează între 5-8 ore la o temperatură de 37-40 °C, după ce laptele a fost însămânțat, repartizat în ambalaje și introdus în camerele de termostatare, procesul fiind considerat încheiat atunci când aciditatea produsului atinge valoarea de 90 °T.

Răcirea se realizează în două etape: prerăcire la 18-20 °C și răcirea finală la 10-14 °C. Scăderea temperaturii laptelui acidofil sub 10 °C trebuie evitată deoarece la temperaturi joase are loc fenomenul de degenerare a tulpinilor de *Lactobacillus acidophilus*, cu efecte negative asupra calității produsului.

Fiind o bacterie intestinală, *Lactobacillus acidophilus* se activează ușor în intestin, reface și îmbogățește microflora intestinală în urma deranjamentelor gastro-intestinale sau a tratamentelor cu antibiotice. Ca urmare, laptele acidofil are o valoare deosebită din punct de vedere dietetic și terapeutic, dar durata de păstrare a acestuia este de maxim 12 ore astfel că produsul trebuie consumat în stare foarte proaspătă (pe măsură ce se învechește scade numărul și viabilitatea germenilor, precum și capacitatea de aclimatizare în intestin).

Pentru mărirea conservabilității și extinderii consumului de lapte acidofil, s-au realizat diverse sortimente precum:

- lapte acidofil praf: însămânțarea se face în lapte concentrat, fermentarea fiind întreruptă la 105 °T; uscarea se face pe valțuri, după reconstituire produsul este supus unei noi fermentări timp de 6 ore la 40-42 °C, urmat de răcirea la 10-14 °C;

- lapte acidofil cu drojdii: se obține folosind ca maia de producție *Lactobacillus acidophilus* în combinație cu unele specii de drojdie de vin, drojdii care stimulează dezvoltarea și creșterea rezistenței acestuia; produsul este folosit cu rezultate bune în tratarea unor boli intestinale și în combaterea tuberculozei;

- biogurt: se obține printr-un procedeu asemănător cu cel de mai sus, maiaua de producție fiind o combinație între *Lactobacillus acidophilus* și *Streptococcus taette*, produsul având o consistență cremoasă și conservabilitate redusă.

Chefirul este un produs în urma unei duble fermentații lactice și alcoolice, raportul în care se află acestea fiind reglat prin temperatura și durata de fermentare, determinante în ceea ce privește caracteristicile de produs lactat acid sau băutură lactată slab alcoolică.

Maiaua de producție folosită la fabricarea chefirului se obține cu ajutorul granulelor de chefir. Acestea sunt aglomerări de cazeină pe care s-au dezvoltat în simbioză *Streptococcus lactis*, *Bacterium caucasicum*, *Betabacterium caucasicum* și drojdii de tipul *Torula-Kefiri*. Bacteriile lactice produc fermentarea lactozei și coagularea laptelui, cu eliberarea de acizi volatili

ce imprimă o aromă specifică, iar drojdiile produc fermentația alcoolică ce conferă produsului un gust puțin înțepător și aspect spumos.

Cultivarea granulelor de chefir constă în introducerea și menținerea lor în lapte pasteurizat și răcit la 18-20 °C, până la coagulare. După termostatare se separă granulele de chefir de laptele coagulat, granulele fiind reintroduse în lapte pasteurizat, procesul fiind reluat de fiecare dată până când acestea î-și pierd caracteristicile (consistență, miros, culoare), iar laptele coagulat este trecut în vase sterile, fiind folosit ulterior la însămânțare.

Chefirul poate fi obținut prin procedeul clasic, când fermentarea are loc după repartizarea laptelui însămânțat cu culturi de producție în ambalaje, dar mai ales prin fermentarea laptelui în vane, după care se face repartizarea acestuia în ambalaje. Acest din urmă procedeu asigură o mai bună uniformitate a produsului fini, spații de producție reduse și productivitate superioară.

Însămânțarea laptelui se face cu maia ce a fost menținută timp de 8-10 ore la 10-13 °C, doza de însămânțare fiind de 5-10 %, condiții în care bacteriile și drojdiile producătoare de aromă se dezvoltă intens, accentuând gustul și aroma specifică. Repartizarea uniformă a culturii de producție în masa de lapte se realizează prin agitarea acestuia în vanele de fermentare, până când aciditatea ajunge la 35-40 °T, după care laptele este lăsat în repaus pentru coagulare.

Procesul de fermentare decurge în două faze:

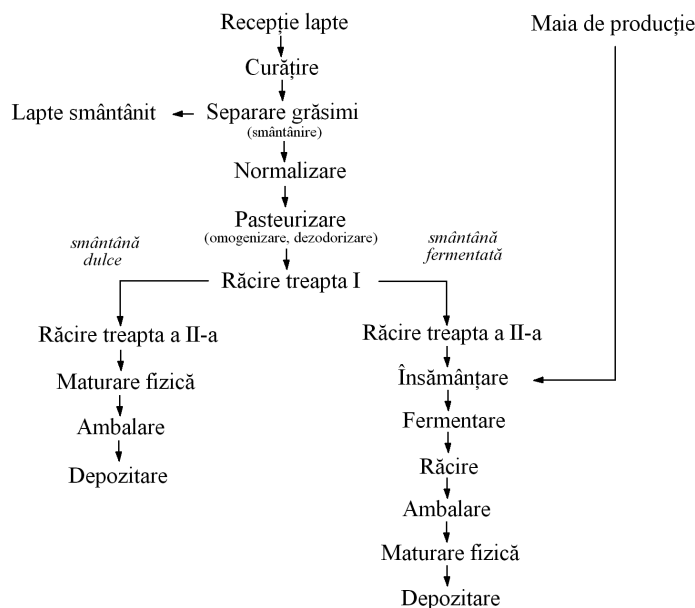
- faza fermentării propriu-zise când are loc fermentarea lactică: are o durată de 8-12 ore și se desfășoară la temperatura de 20-24 °C, fiind întreruptă atunci când aciditatea ajunge la 90 °T prin răcirea în vane la 12-14 °C, concomitent cu o agitare moderată;

- faza fermentării alcoolice: se desfășoară timp de 6-12 ore la temperatura de 12-14 °C, fiind recomandată o agitare periodică a coagulului.

După terminarea fermentației alcoolice chefirul este repartizat în ambalaje, de preferință pe mașini de îmbuteliat cu alimentare prin cădere liberă, pentru a evita o mărunțire prea mare a coagulului, ambalaje care se introduc în depozite frigorifice timp de 12 ore la temperatura de 6-8 °C pentru răcire, fază obligatorie în care are loc definitivarea maturării produsului.

14.4. Tehnologia de fabricare a smântânii

Smântâna constituie materia primă din care se obțin diverse produse alimentare sau se consumă ca atare. Din punct de vedere al compoziției smântâna este o emulsie de grăsimi în plasmă și trebuie să conțină minim 18 % grăsime (de regulă procentul de grăsimi variază între 20-60 %), compoziția medie a unei smântâni cu 30 % grăsime fiind: 64 % apă, 30 % grăsime, 2,7 % proteine, 3,0 % lactoză și 0,3 % substanțe minerale.



Smântâna se obține în urma separării prin diverse procedee a grăsimilor din lapte, procesul tehnologic de obținere fiind prezentat în figura 14.27.

Materia primă supusă smântânirii este laptele integral și care trebuie să corespundă condițiilor de calitate impuse de normele specifice, știut fiind faptul că de calitatea lui depind caracteristicile organoleptice ale smântânii.

Fig. 14.27. Schema tehnologică de obținere a smântânii

După curățirea de eventualele impurități, laptele este supus operației de separare a grăsimilor, numită și *smântânire*. Acest lucru se realizează cu ajutorul separatoarelor cu tobă rotativă, gradul de separare fiind influențat de o serie de factori, printre cei mai importanți putând fi amintiți: mărimea globulelor de grăsime, grosimea stratului de lapte pe talerele separatorului, temperatura de lucru (nu trebuie să depășească 45-50 °C), aciditatea laptelui care afectează vâscozitatea acestuia, turația tobei separatorului (crește efectul de separare dar nu depășește 10000 rot/min).

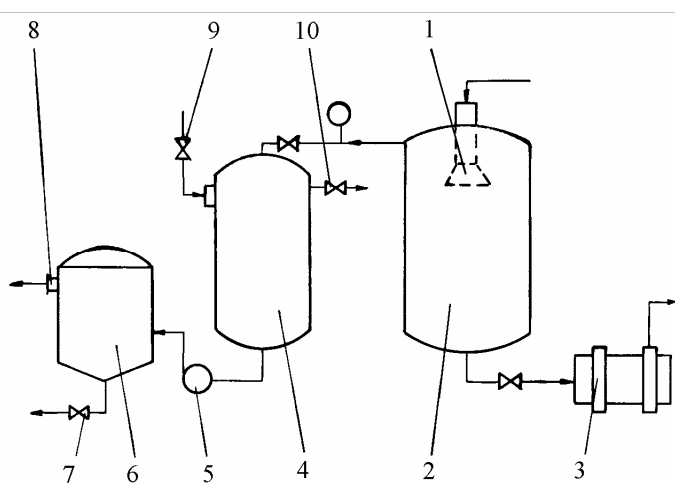
Normalizarea smântânii urmărește aducerea conținutului de grăsime în limitele prescrise, adică 30-32 % pentru smântâna dulce, respectiv 20-30 % pentru smântâna fermentată. Operația se realizează, după caz, fie prin adaos de smântână cu un conținut mai ridicat în grăsime, fie cu lapte smântânit.

Pasteurizarea smântânii este obligatorie și ea are ca scop distrugerea microorganismelor patogene și reducerea cât mai mult a microflorei specifice.

În vederea îmbunătățirii consistenței smântânii, dar și pentru a evita separarea grăsimii de plasmă în timpul depozitării, înainte de pasteurizare se face omogenizarea acesteia, prin încălzire la 60-70 °C și trecerea prin capul de omogenizare la o presiune de 150-200 atm.

Temperatura de pasteurizare depinde de caracteristicile smântânii și variază de la 75 °C când smântâna are gust metalic și până la 97 °C când are gust de nutreț. Pentru a elimina aceste defecte de gust smântâna se supune operației de dezodorizare.

Eliminarea parțială sau totală a mirosului și gustului neplăcut se realizează în instalații sub vid, o astfel de instalație fiind prezentată în figura 14.28. Aici, smântâna încălzită la 80-85 °C este trimisă sub presiune prin capul de pulverizare 1 în vasul 2, aflat sub vid parțial. Smântâna dezodorizată ajunge în colectorul 3 prevăzut cu pompă, de unde este trimisă la pasteurizare. Gazele și vaporii sunt aspirați de pompa 5 (care realizează vidul parțial) în condensatorul răcit cu apă 4 (intrarea apei se face prin conducta 9 și ieșirea prin conducta 10), iar de aici sunt evacuate



în atmosferă după ce au trecut prin separatorul de gaze 6. Condensul este evacuat prin conducta 7 iar gazele necondensabile prin conducta 8. Presiunea de lucru din instalație este de 380 mm Hg, timpul de menținere a smântânii în vasul 2 fiind de 40-300 secunde.

Ca urmare a temperaturii ridicate la care se face dezodorizarea, aparatul de dezodorizare se cuplează cu instalația de pasteurizare, o asemenea instalație este prezentată în figura 14.29.

Fig. 14.28. Schema instalației de dezodorizare sub vid a smântânii

Aici temperatura de pasteurizare a smântânii este de 93-96 °C și se obține cu ajutorul aburului la 120 °C, instalația fiind prevăzută cu un sistem de reglare automată a temperaturii. Smântâna pasteurizată este trimisă în aparatul de vacuum unde i se imprimă o mișcare elicoidală pe pereții vasului. Fierberea intensă a smântânii determină separarea gazelor și a mirosurilor străine care, sunt aspirate de pompa de vid și eliminate în atmosferă.

În comparație cu laptele, smântâna are grăsime mai multă dar și un conținut mai ridicat în germeni. Creșterea vâscozității duce la scăderea conductibilității termice, motiv pentru care temperatura de pasteurizare variază între 90-110 °C, în funcție de conținutul în grăsime și calitatea smântânii, dar mai ales de gradul de proapețime.

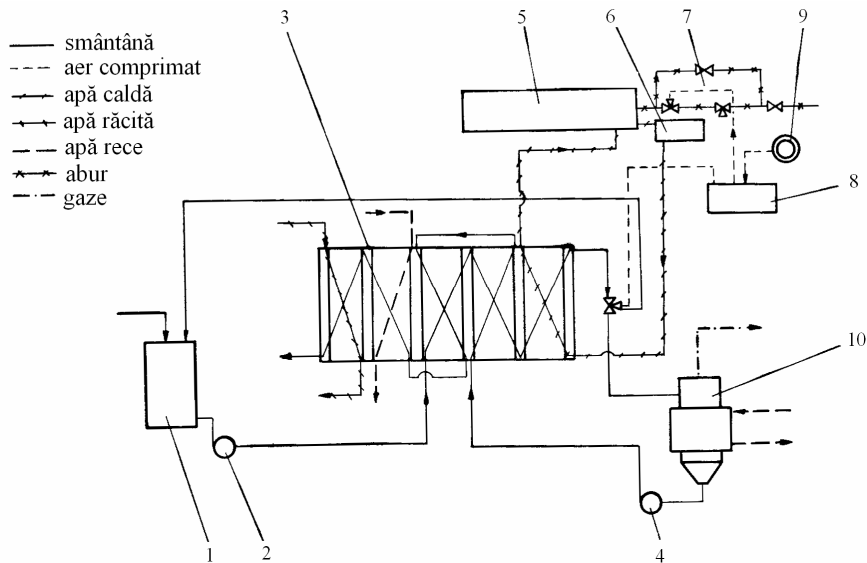


Fig. 14.29. Schema instalației de pasteurizare a smântânii TIPS-20: 1- vas de alimentare; 2,4- pompă; 3- pasteurizator; 5- boiler; 6- agregat pompare apă caldă; 7- buclă de reglare abur; 8- distribuitor; 9- compresor aer; 10- degazor sub vid cu manta de răcire.

Tratamentul termic are efecte multiple asupra smântânii, începând cu microflora, enzimele și terminând cu caracteristicile fizice și chimice, astfel că regimul termic trebuie stabilit cu multă grijă pentru a nu afecta valoarea nutritivă și caracteristicile organoleptice.

Răcirea smântânii se face brusc până la o temperatură la care are loc procesul de maturare: 4-5 °C la smântâna dulce și 18-22 °C la smântâna fermentată. Operație se realizează în pasteurizator fără contact cu aerul, evitându-se eventuala oxidare a grăsimii și o infectare microbiană a smântânii.

Maturarea smântânii. După tratamentul termic smântâna este supusă unui proces de maturare care poate fi.

- maturare fizică: are drept scop solidificarea globulelor de grăsime și hidratarea parțială a substanțelor proteice, determinând obținerea unei anumite consistențe a smântânii;
- maturare biochimică sau fermentare: se face pe seama unor culturi de bacterii lactice; determină obținerea unei consistențe vâscoase și a unei arome plăcute.

Maturarea fizică începe cu păstrarea un interval de trei ore la temperatura de 5-6 °C în vane închise cu agitare periodică a smântânii, fiind urmată de repartizarea în ambalaje și continuarea procesului în spații frigorifice, timp de 24 de ore la aceeași temperatură.

Maturarea biochimică se realizează utilizând un complex de bacterii lactice acidifiante (*Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*) și bacterii aromatizante (*Streptococcus paracitrovorus*) care, adăugate în proporție de 3-5 % la o temperatură de 18-22 °C, determină un proces de fermentare a smântânii. Operația se desfășoară în vane de maturare cu temperatură controlată, pentru favorizarea activității bacteriilor smântâna fiind amestecată periodic timp de 3 ore. Procesul de fermentare se consideră încheiat atunci când aciditatea a atins valoarea de 50-60 °T și este urmat de o răcire la 4-6 °C, temperatură la care smântâna este supusă timp de 24 de ore la o maturare fizică..

Ambalarea și depozitarea smântânii. Smântâna de consum se ambalează în butelii și pahare din carton cerat sau materiale plastice, cu capacități mici de până la 1 kg, respectiv în bidoane metalice cu capacități de 5-15 kg, pentru aceasta fiind utilizate mașini de dozat și capsulat ce îndeplinesc cu rigurozitate condițiile de igienă cerute.

14.5. Tehnologia de fabricare a untului

Untul constituie un aliment care prin valoarea sa nutritivă și energetică contribuie

substanțială în alimentația omului. Conținutul în grăsimi al untului poate atinge valori de 70-80 %, dar din considerente nutriționiste, pentru consum se preferă sortimente cu maxim 45-60 % grăsimi.

Pentru obținerea untului se aplică o schemă tehnologică de fabricație prezentată în figura 10.31 ce conține două etape distincte: obținerea smântânii și transformarea ei în unt.

Smântâna, indiferent de proveniența ei, ca materie primă trebuie să corespundă unor cerințe minime sub aspectul calității, în caz contrar fiind afectate atât conservabilitatea, cât și însușirile organoleptice ale untului ce urmează a fi obținut.

În urma separării din lapte a smântânii aceasta este trecută la aparatele de normalizare în urma căreia trebuie realizat un procent de 30-35 % grăsimi, limite optime pentru prelucrare în vederea obținerii untului.

Pasteurizarea smântânii constituie o etapă necesară și determinantă în linia tehnologică de obținere a untului, temperatura optimă de tratare fiind de 90-95 °C, cu menținere la această temperatură timp de 20-30 secunde. Un asemenea regim termic asigură inactivarea lipazei, o enzimă care determină defecte de gust ale untului. Odată cu pasteurizarea se realizează și dezodorizarea smântânii, fiind folosite în acest scop instalații prevăzute cu aparate de dezodorizare sub vid. Prin evaporarea parțială a apei sunt antrenate substanțele de miros și gust care pot trece în unt.

Maturarea smântânii urmărește realizarea a două obiective: solidificarea grăsimii prin răcire și menținere la 2-8 °C (etapa de maturare fizică), respectiv creșterea acidității în anumite limite, cu formarea compușilor de aromă pe seama activității culturilor de bacterii lactice (etapa maturării biologice). Acestea vor permite o mai bună separare a grăsimii din smântână în procesul de obținere a untului.

Cultura de producție folosită la însămânțarea smântânii este alcătuită din bacterii lactice precum *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus diacetili lactis* și *Leuconostoc*, cantitatea necesară maturării biochimice fiind de până la 10-15 %, în funcție de gradul de acidifiere, temperatura și durata de maturare.

În practica industrială se folosesc mai ales procedeele de maturare biochimică a smântânii utilizate la fabricarea untului, ca urmare a avantajelor pe care le prezintă în raport cu maturarea fizică, în funcție de temperatură fiind definite două procedee: maturare la rece și maturare la cald.

Maturarea la cald sau de lungă durată este procedeul utilizat pe scară largă în industria alimentară și se realizează în două variante tehnologice.

O primă variantă constituie în faptul că după maturarea biologică, aceasta este urmată de o maturare fizică. Astfel, smântâna pasteurizată se răcește la 15-20 °C și se însămânțează cu 4-6 % culturi de producție, durata de maturare fiind de 8-10 ore. Procesul de maturare biologică este întrerupt atunci când aciditatea atinge valori de 30-44 °T (corespunzătoare conținutului în grăsime), prin răcirea smântânii la 6-10 °C și menținerea timp de 2-4 ore la această temperatură. În acest interval de timp scade viteza de acidifiere și are loc procesul de maturare fizică, în final aciditatea având valori de 50-55 °T.

A doua variantă tehnologică presupune pasteurizarea smântânii și răcirea la 4-8 °C, însămânțarea cu 4-6 % culturi de producție și menținerea la această temperatură pentru realizarea maturării fizice. După aceasta smântâna se încălzește la 14-18 °C, temperatură la care se menține până la terminarea maturării biochimice (până la obținerea acidității necesare).

Maturarea la rece sau de scurtă durată presupune răcirea smântânii pasteurizate la 6-10 °C, însămânțarea cu 20-25 % culturi de producție și menținerea timp de 2-3 ore la această temperatură. Acest procedeu este aplicat în condiții speciale, fiind limitat la prelucrarea unei materii prime cu 38-40 % grăsime și de calitate necorespunzătoare.

Procedee de obținere a untului. Obținerea grăsimii din lapte sub formă concentrată și solidă, prin separarea ei de plasmă (zară), se obține printr-o succesiune de operații ale căror efecte însumate duc la formarea untului. Astfel se realizează trecerea grăsimii sub formă de

globule în formă lichidă, cu o consistență și structură specifică, formarea aromei caracteristice și asigurarea conservabilității untului.

În condiții obișnuite se consideră că dintr-o smântână cu un procent de grăsime de 30-35 % grăsime se obține un unt cu 75-80 % grăsime, sub formă lichidă continuă și care înconjoară particulele grase solidificate și particulele de substanță grasă uscată. Fenomenul poartă denumirea de inversare de faze și poate fi realizat prin aglomerare, concentrare și combinare.

Obținerea untului prin aglomerare constă în unirea globulelor de grăsime și aglomerarea în granule ce se vor uni prin malaxare. Aglomerarea se poate realiza în două moduri:

► prin procedeul discontinuu (fig. 14.30): folosește principiul baterii smântânii prin care se formează boabele de unt;

► prin procedeul continuu (fig. 14.31): are la bază principiul Fritz prin care smântâna este proiectată sub formă de peliculă pe peretele unui cilindru rotativ care, sub acțiunea șocurilor termice și mecanice, în contact cu aerul reunește la suprafața sa globulele de grăsime.

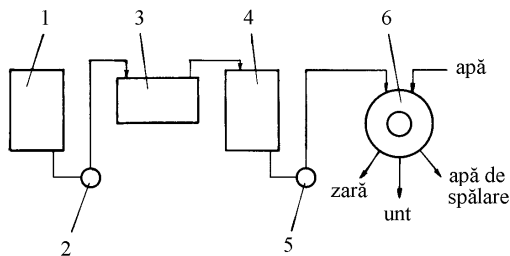


Fig. 14.30. Procedeul discontinuu de fabricare a untului: 1- vas alimentare; 2,5- pompă; 3- pasteurizator; 4- vană maturare, 6- putinei.

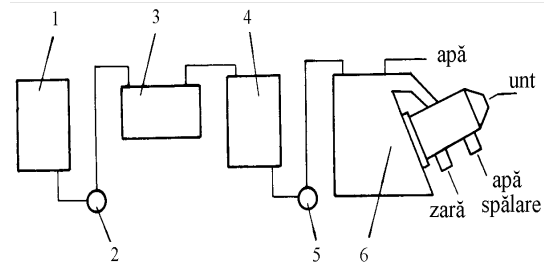


Fig. 14.31. Procedeul continuu de fabricare a untului: 1- vas alimentare; 2,5- pompă; 3- pasteurizator; 4- vană maturare; 6- instalație Fritz.

Obținerea untului prin concentrare presupune încălzirea smântânii la 60-70 °C și trecerea ei printr-un separator, de unde iese cu o concentrație în grăsime de 80-83 % grăsime. Răcirea și agitarea concentratului permite solidificarea parțială, dar și frecarea globulelor de grăsime cu eliberarea substanței grase lichide, emulsionând astfel faza grasă.

Obținerea untului prin combinare este o metodă mai nouă și presupune distrugerea mecanică a membranei globulelor de grăsime, după care smântâna încălzită este trecută printr-un separator centrifugal, de unde rezultă o masă lichidă numită ulei de unt cu 80-90 % grăsime. Uleiul de unt se purifică prin concentrare în vid pe durata pasteurizării și dezodorizării, iar după

adăugarea celorlalți componenți ai untului (apă, substanță uscată grasă, sare, neutralizant, etc.) se face solidificarea și emulsionarea fazei grase.

Cel mai utilizat procedeu de obținere a untului este bazat pe procedeul Fritz, funcționarea unei astfel de instalații fiind prezentată în figura 14.32.

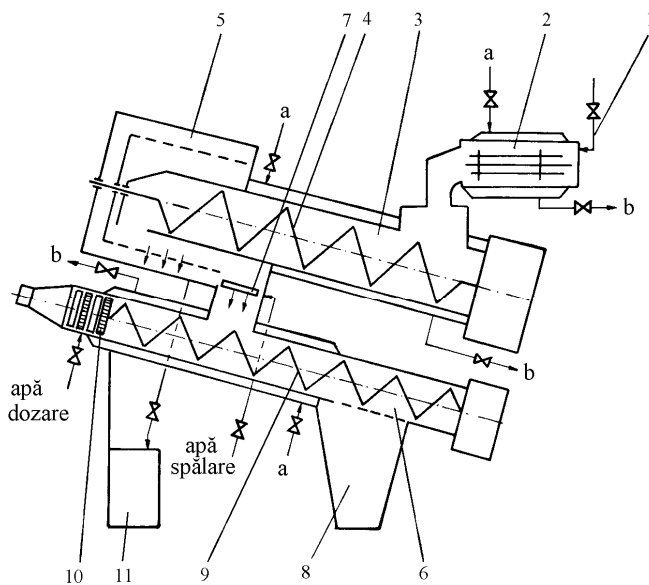


Fig. 14.32. Schema instalației pentru obținerea untului în flux continuu: a,b- intrare/ieșire apă răcire; 1- alimentare cu smântână; 2- cilindru baterie; 3- cilindru separare zară; 4- melc transportor; 5- colector zară; 6- malaxor; 7- duză stropire; 8- vas colector; 9- melc malaxor; 10- omogenizator; 11- rezervor

Spălarea untului are ca scop principal îndepărtarea zarei ce se află atât între boabele de unt, cât și în interiorul acestora.

Zara, prin conținutul în substanțe proteice, lactoză și acid lactic, constituie un mediu favorabil dezvoltării microorganismelor. Pentru spălarea ei se folosește apă care înlocuiește zara și reglează temperatura boabelor de unt, evitând pe de o parte aglomerarea lor, iar pe de altă parte favorizând scurgerea zarei și a apei excedentare.

În practică se aplică 2-3 spălări prin care se elimină circa 25 % din lactoză, 50 % din cazeină și o parte din microflora smântânii fermentate, apele de spălare antrenând selectiv microorganismele.

Malaxarea untului sau frământarea acestuia urmărește transformarea boabelor de unt, separate de apă sau zară, într-o masă compactă și omogenă, eliminarea excesului de apă și zară, alături de înglobarea particulelor de substanțe negre, aer și apă într-o fază lichidă de substanță grasă. Prin malaxare se reglează conținutul și repartiția apei în unt, cu efecte asupra consistenței produsului finit.

Ambalarea untului urmărește menținerea calității și conservabilității acestuia. Materialele utilizate la ambalarea untului trebuie să asigure protecție față de mediul înconjurător (impermeabilitate la vaporii de apă, impermeabilitate la grăsimea lichidă, protecție la lumină), pretabilitate la mecanizarea ambalării, conductibilitate termică bună pentru a permite răcirea în timpul depozitării.

În mod curent la ambalarea untului se folosește hârtie tratată special și folie de aluminiu, respectiv cutii de lemn pentru calupuri mari de unt sau pentru depozitarea de durată a acestora.

Refrigerarea și depozitarea untului. După ambalare, pentru a se evita modificări de ordin calitativ, untul destinat consumului curent este depozitat în camere frigorifice unde este răcit la 0-5 °C. În cazul depozitării pe o perioadă mai îndelungată untul se congelează la până la -25...-35 °C și se păstrează în camere frigorifice la -15-18 °C, în funcție de durata de păstrare.

14.6. Tehnologia de fabricare a brânzeturilor

Brânzeturile sunt produse obținute proaspete sau maturate, obținute prin coagularea laptelui (cu scurgerea zerului) și prelucrarea sa cu ajutorul metodelor fizice și biochimice. În funcție de modul de prelucrare a coagulului brânzeturile sunt de mai multe tipuri: brânzeturi proaspete, brânzeturi fermentate, brânzeturi frământate, brânzeturi opărite și brânzeturi topite. În funcție de consistența coagulului brânzeturile pot fi moi, semitari și tari, iar în funcție de conținutul în grăsime pot fi de la brânzeturi slabe (sub 10 % grăsime în substanța uscată) și până la brânzeturi foarte grase și creme (peste 50 % grăsime în substanța uscată).

Indiferent de tip, brânzeturile sunt caracterizate printr-o valoare nutritivă ridicată, ca urmare a concentrării grăsimii, proteinelor și sărurilor minerale care, în urma proceselor de maturare trec în forme mai ușor asimilabile de către organism, capătă însușiri organoleptice specifice și unele sortimente pot fi păstrate o perioadă de timp îndelungată.

Tehnologia de fabricare a brânzeturilor proaspete. Brânzeturile proaspete sunt de tipul cu consistență moale, untoasă, coagul fin și aromă de fermentație. Din această categorie fac parte brânza proaspătă din lapte de vacă, brânzeturi creme, brânzeturi tip aperitiv și desert, tehnologia de fabricare a acestora fiind prezentată în figura 14.33.

Brânza proaspătă se obține din închegarea laptelui de vacă integral (brânză grasă) sau a laptelui degresat (brânză dietetică). La aceste produse coagularea laptelui se bazează exclusiv pe acțiunea bacteriilor lactice sau pe asocierea dintre acțiunea cheagului și fermentația lactică, caz în care cantitatea de cheag necesară procesului tehnologic este foarte mică.

După pasteurizarea laptelui la circa 85 °C, acesta se răcește la temperatura de coagulare de 12-28 °C, în funcție de conținutul de grăsime și se adaugă clorură de calciu 10-15 g/100 l, 0,5-1,5 % maia de producție (compusă din *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris* și *Streptococcus diacetilactis*) și un procent de cheag în funcție de puterea de coagulare a sa.

Închegarea sau coagularea laptelui este un proces complex prin care o parte din cazeina din lapte, aflată în complexul fosfocazeinatului de calciu, precipită sub formă de fosfoparacazeinat de calciu (care se unește cu sărurile solubile din lapte formând coagulul), iar cealaltă parte trece în zer (se numește proteină de zer și conține mai ales albumină și globulină). Acest lucru se poate realiza cu ajutorul cheagului de origine animală, când coagulul are un gust „dulce” sau cu acizi (lactic, clorhidric, sulfuric), când coagulul are un gust „acid”.

Temperatura de coagulare influențează în mod direct durata procesului care, în funcție de conținutul în grăsime și modul de coagulare, este cuprinsă între 14-20 ore. După atingerea unei acidități de 50 °T coagularea se consideră încheiată și coagulul este supus prelucrării prin tăiere cu cuțite speciale pentru a pune în libertate zerul. Prelucrarea coagulului continuă cu pauze de scurgere a zerului, până se ajunge la consistența dorită, uneori fiind aplicată și o presare ușoară pentru eliminarea excesului de zer.

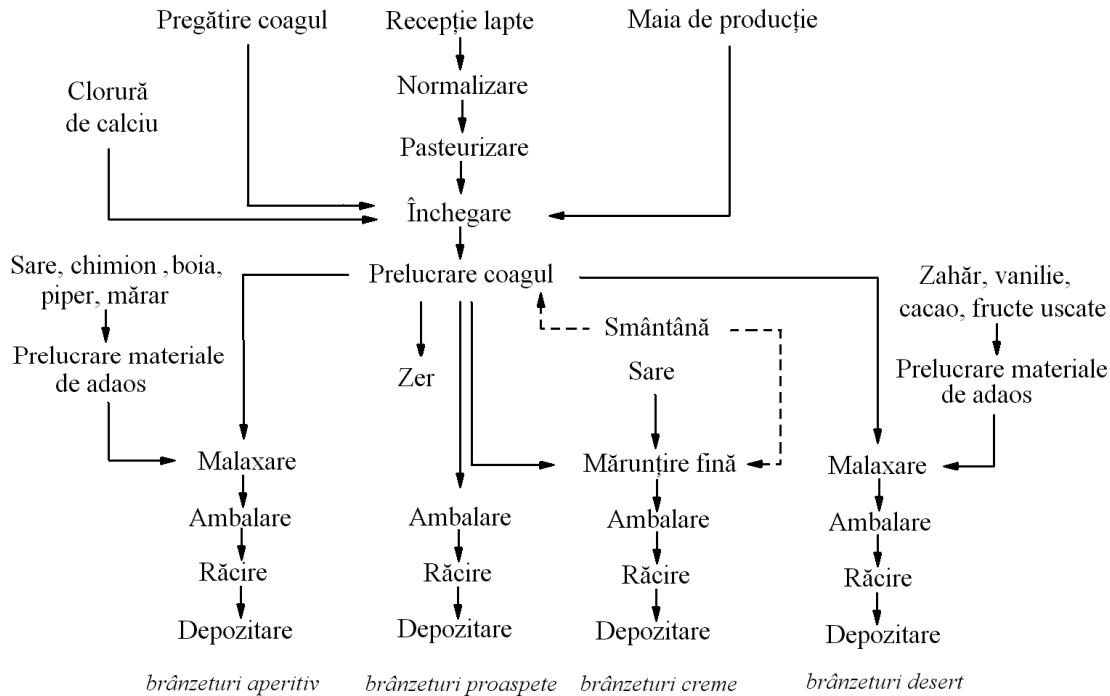


Fig. 14.33. Schema tehnologică de fabricare a brânzeturilor proaspete

Dacă se dorește obținerea unei consistențe cât mai fine, brânza se poate trece prin valțuri de mărunțire sau printr-o pasatrice, timp în care se face și răcirea acesteia la 2-8 °C.

Ambalarea brânzeturilor proaspete se recomandă a fi făcută imediat după terminarea procesului tehnologic, deoarece prezintă risc ridicat de fermentație. Se realizează pe mașini speciale în cutii de carton parafinat, pahare din plastic sau folie metalizată.

Brânzeturile tip cremă sunt produse proaspete cu un conținut ridicat în grăsime (între 50-75 % grăsime în substanța uscată), acestea fiind obținute prin normalizarea laptelui cu smântână, adaos de smântână în coagul sau brânza închegată și mai rar doar prin prepararea brânzei din smântână. Față de brânzeturile proaspete, acestea se supun operației de mărunțire fină cu ajutorul valțurilor sau a sitelor de pasare, rezultând o structură foarte fină și omogenă.

Brânzeturile tip desert și aperitiv sunt brânzeturi cremoase la care se adaugă diverse materiale auxiliare, cu rol de aromă și gust, în funcție de sortimentul fabricat, după ce acestea au fost prelucrate tehnologic (mărunțire, spălare, opărire, filtrare siropuri, cernere). Pentru obținerea unei consistențe uniforme, brânza cu adaosurile se supun operației de malaxare și trecere printr-un valț.

Tehnologia de fabricare a brânzeturilor fermentate. Tehnologia generală de fabricare a brânzeturilor fermentate este prezentată în figura 10.34 și are ca faze principale condiționarea laptelui, închegarea și prelucrarea coagulului, sărare, maturare și depozitare.

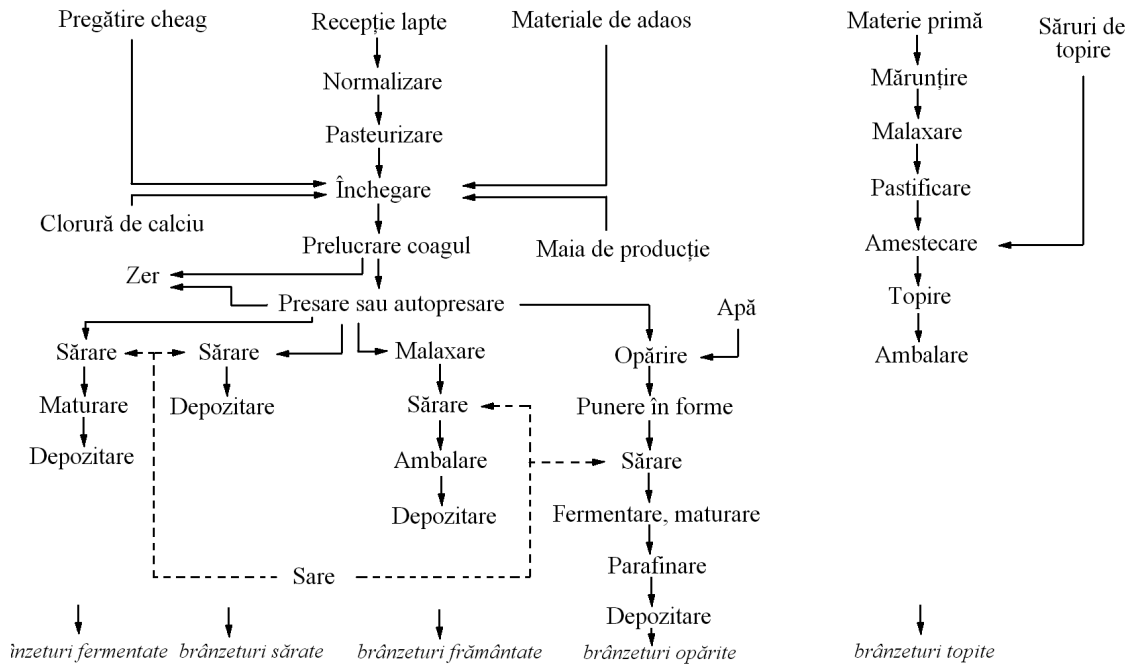


Fig. 14.34. Schema tehnologică de fabricare a brânzeturilor

Condiționarea laptelui constă în normalizarea lui la un conținut în grăsime specific fiecărui sortiment fabricat, urmată de pasteurizare joasă sau mijlocie. Nu se recomandă ca temperatura de pasteurizare să depășească 75°C , deoarece este diminuată capacitatea de coagulare a laptelui sub acțiunea cheagului.

Deoarece prin pasteurizarea laptelui sunt distruse și microorganismele utile fabricării brânzeturilor, pentru desfășurarea în bune condiții a procesului de maturare, dar și pentru obținerea unor produse cu caracteristici organoleptice specifice, în laptele pasteurizat se adaugă culturi selecționate de bacterii lactice (*Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus diacetylactis*, *Streptococcus casei*, *Streptococcus thermophilus*, etc.) și culturi selecționate de mușci (Penicillium roqueforti, Penicillium candidum, Penicillium camemberti).

Pentru creșterea capacității de coagulare și prevenirea balonării, se recomandă ca în lapte să se adauge $10-25\text{ g}/100\text{ l}$ clorură de calciu și circa $30\text{ g}/100\text{ l}$ azotat de potasiu. La unele sortimente se practică colorarea laptelui cu galben de șofran sau betacaroten, fapt ce conferă brânzeturilor o culoare gălbuie.

Închegarea laptelui urmărește separarea cazeinei și a altor compuși din lapte, care trec din stare lichidă într-o masă gelificată, cu o consistență și elasticitate dependentă de modul de desfășurare a operației. Închegarea sau coagularea laptelui se face în două moduri:

- cu cheag: cheagul este o enzimă de tip chimozină sau labferment, secretată de stomacul mieilor și vițelilor în perioada de alăptare; chimozina are proprietatea specifică fermenților ca în cantități mici să producă, prin absorbția sa de către cazeină, precipitarea acesteia sub formă de fosfoparacazeinat de calciu; tot chimozina este cea care în faza de maturare produce proteoliza substanțelor proteice;

- cu acizi: acizii (lactic, clorhidric, sulfuric) adăugați în lapte scad pH-ul la valoarea de 4,62, punct la care cazeina coagulează, înglobând în masa ei și ceilalți componenți ai laptelui, produce contracția coagulului și asigură eliminarea zerului.

Acțiunea cheagului asupra laptelui este influențată de mai mulți factori precum conținutul în săruri minerale și substanță uscată a laptelui, temperatura și aciditatea sa, prezența în lapte a

unor substanțe străine cu rol anticoagulant, etc. Cantitatea de cheag necesară coagulării depinde de puterea de coagulare a acestuia, compoziția laptelui, sortimentul fabricat și se introduce sub formă de jet subțire în vana cu lapte la temperatura de lucru, la început laptele fiind agitat lent și continuu pentru uniformizarea coagulului, după care se lasă în stare de repaus pentru coagulare. Temperatura și durata procesului de coagulare depind de tipul de brânză ce urmează a se obține, aceste date, alături de cantitățile de coagul și maia de producție fiind specificate în rețetele de fabricație.

Prelucrarea coagulului are ca scop principal eliminarea unei anumite cantități de apă sub formă de zer, în funcție de sortimentul fabricat, ținând cont de faptul că deshidratarea coagulului continuă și în fazele de presare, sărare și maturare.

La fabricarea brânzeturilor semitari și tari prelucrarea coagulului cuprinde trei faze principale:

- uniformizarea temperaturii coagulului: este necesară pentru a asigura o repartizare cât mai uniformă a grăsimii în masa de coagul;
- mărunțirea: urmărește obținerea particulelor de coagul din care, prin prelucrare cu diverse unelte, se formează „bobul” și ale cărui dimensiuni depind de sortimentul de brânză;
- încălzirea a doua: favorizează eliminarea zerului din bobul de coagul format și se realizează diferențiat, la temperaturi cuprinse între 40-60 °C.

Formarea și presarea brânzeturilor. Prin punerea în forme a coagulului prelucrat se obține aglomerarea boabelor de coagul, asigurându-se mărimea și forma specifică fiecărui sortiment. Formarea brânzeturilor se face prin turnarea în forme sau prin formare din pastă (masă).

Punerea în forme trebuie executată rapid pentru a evita răcirea masei de coagul, fapt ce ar încetini fermentația lactică și scurgerea zerului.

Aglomerarea boabelor de coagul într-o masă omogenă și eliminarea zerului dintre ele sau din interiorul lor, se realizează ușor prin presare. Forța de presare aplicată depinde de caracteristicile masei de caș și ea este crescută treptat, ajungând până la valori de 60 de ori mai mare decât greutatea brânzei, valoarea maximă fiind atinsă după 6-8 ore din momentul începerii presării.

Durata de presare depinde de felul în care se desfășoară lipirea boabelor de coagul și eliminarea zerului, variind între 6-24 ore, în raport cu sortimentul de brânză. Deoarece eliminarea zerului depinde în special de temperatura masei de brânză, aceasta trebuie menținută la valori corespunzătoare.

Sărarea brânzeturilor este o fază tehnologică importantă și urmărește imprimarea unui gust plăcut, continuarea procesului de deshidratare a brânzei și reglarea proceselor microbiologice. Pătrunzând în brânză, sarea favorizează eliminarea unei părți din apă cu substanțele dizolvate în ea, prevenind totodată atacarea lactozei de către microorganisme în această fază, când aciditatea brânzei este insuficientă pentru a frâna dezvoltarea lor.

Dintre metodele de sărare a brânzeturilor, cele mai cunoscute sunt:

- sărarea uscată: se face prin presarea cristalelor de sare pe suprafața brânzei;
- sărarea în saramură: presupune scufundarea brânzei formate într-o soluție de sare cu concentrația de 16-23 %;
- sărarea în bob: se adaugă sare în masa de caș mărunțit;
- sărarea în pastă: se adaugă sare în masa de caș mărunțită, după ce aceasta a fost supusă unui proces de maturare.

Maturarea brânzeturilor. Pentru a obține caracteristicile specifice diferitelor sortimente (gust, aspect, miros, culoare), brânzeturile sărate se păstrează un timp determinat în anumite condiții de mediu (temperatură, umiditate, aerare), perioadă în care coagulul elastic și fără individualitate se transformă, printr-un complex de reacții fizice și biochimice, într-un produs ușor asimilabil, cu calități organoleptice și conservabilitate mare.

În general maturarea brânzeturilor se face la temperaturi de 12-22 °C, o umiditate de 75-95 %, aerul din încăperi fiind schimbat de 4-5 ori pe zi. Durata procesului de maturare a

brânzeturilor este specifică sortimentului fabricat și se poate întinde pe perioade de la 20-30 zile, până la 4-6 luni.

Cele mai importante transformări în timpul maturării le suferă lactoza, substanțele proteice și grăsimea.

Lactoza, în urma reacției de glicoliză, este transformată mai întâi în acid piruvic și mai apoi în acid lactic care, întră în reacție cu calciul din paracazeinatul de calciu formând lactatul de calciu, precum și alte săruri. În acest mod boabele de coagul se lipesc, rezultând o masă omogenă. Dacă avem și bacterii propionice, atunci în urma reacțiilor biochimice se produce acid acetic, acid propionic și bioxid de carbon.

Substanțele proteice sunt sub formă de paracazeinat de calciu și prin reacția de proteoliză (hidroliza parțială a cazeinei), se formează compuși între care se regăsesc peptone și albumoze. Prin continuarea hidrolizei peptonele se descompun în aminoacizi, substanțe determinante în obținerea gustului și aromei brânzeturilor, iar o parte a acestora trec în amoniac și bioxid de carbon.

Grăsimile, într-o primă fază ca efect al reacției de lipoliză, trec în glicerină și acizi grași, fenomen valabil la toate sortimentele de brânzeturi. El este mai accentuat la sortimentele la care maturarea are loc în prezența mucegaiurilor, când acizii grași sunt hidrolizați până la aldehide și cetone, conferind, alături de acidul propionic și acidul acetic, aroma specifică.

Ambalarea brânzeturilor se face în condițiile stabilite prin norme, folosind lăzi-rulouri, lăzi compartimentate, folie de polietilenă sau Criovac, în foarte multe cazuri brânzeturile fiind acoperite cu un strat de parafină. După ambalare brânzeturile sunt păstrate în încăperi cu atmosferă controlată, lipsită de lumină și mirosuri neplăcute, uneori maturarea fiind continuată și în timpul depozitării.

Brânza telemea este unul dintre cele mai răspândite sortimente și diferă de alte sortimente prin modul de prelucrare a coagulului și maturare. Materia primă o constituie laptele de vacă, laptele de oaie și de bivoliță, separate sau în amestec

După pasteurizare laptele se răcește la 28-35 °C și se adaugă soluție de clorură de calciu 15-20 g/100 litri lapte, azotat de potasiu 20-30 g/100 litri lapte și 0,3-0,8 % maia de producție (*Sterptococcus lactis* și *Streptococcus casei*). Se omogenizează compoziția, după care se adaugă cheag într-o cantitate care să permită coagularea într-un interval de 45-60 minute.

Prelucrarea coagulului se face astfel încât să se obțină felii de coagul suprapuse și care după presare să nu depășească grosimea de 12-13 cm. Urmează presarea timp de 45-90 minute și eliminarea zerului, după care coagulul se taie în calupuri și se continuă scurgerea zerului prin întoarcerea lor periodică, timp în care brânza se întărește puțin.

Brânza telemea se pune în saramură cu concentrația de 20-22 %, la temperatura de 14-16 °C și păstrarea în aceste condiții timp de 15-18 ore. Calupurile de brânză se scot din saramură și se supun unei sărări uscate timp de 5-8 ore, după care procesul de sărare uscată continuă timp de 8-16 ore în ambalaje (putini de lemn sau cutii metalice).

Pentru maturare în ambalaje se introduce saramură cu concentrația de 12-16 %, după care se păstrează în încăperi cu temperatura de 12-16 °C, durata procesului de maturare fiind de 20-30 zile. Dacă în timp saramura prezintă unele aspecte necorespunzătoare, aceasta se înlocuiește cu una proaspătă, în unele cazuri fiind folosită saramură de zer cu concentrația de 10-12 %.

Brânza Fetta este un sortiment obținut din lapte de oaie sau de vacă nenormalizat. Laptele după pasteurizare se răcește la 30-33 °C, se corectează cu clorură de calciu și azotat de potasiu în procente asemănătoare cu brânza telemea, se adaugă maia de bacterii lactice și cheag astfel ca timpul de coagulare să fie de 40-50 minute.

Coagulul se mărunțește, timp în care se separă o cantitate de zer, după care se pune în forme rotunde și se lasă la scurs, cu întoarcerea periodică a formelor și uneori cu rotirea acestora. La finalul operației brânza se taie în sectoare de cerc, se presară cu sare și se lasă în repaus circa 80-90 minute, apoi se scot din forme și se pun la scurs timp de 24-36 de ore, cu întoarcere periodică și sărare uscată la fiecare întoarcere.

Bucățile de brânză se pun în ambalaje cu sărare uscată și păstrare timp de 4 zile la temperatura de 12-14 °C, după care se spală pe toate fețele și se așează din nou în ambalaje, separate cu hârtie pergaminată.

Brânzeturi cu mucegai alb. Cel mai reprezentativ sortiment îl constituie brânza Camembert și ea se caracterizează prin dezvoltarea unor mucegaiuri albe pe coajă, în timp ce miezul este moale.

Materia primă o constituie laptele de vacă integral care, după pasteurizare se răcește la 38-40 °C temperatură la care se adaugă maioua de producție 0,5-3 l/100 litri lapte (*Streptococcus lactis* și *Streptococcus diacetylactis*) și cultura de mucegai 5-20 ml/100 litri lapte (*Penicillium camemberti*). După un repaus de circa 30 minute se răcește la temperatura de coagulare de 28-30 °C și se adaugă cheag, în proporție care să determine încheierea laptelui într-un interval de 1,5-2 ore. Pentru a obține o culoare roșiatică, în lapte se poate adăuga 5-20 ml/100 litri o suspensie de *Bacterium limens*.

Prelucrarea coagulului se face prin tăierea sa, urmată de mărunțire până la boabe de mărimea unei nuci, timp în care se elimină o parte din zer. Apoi coagulul este trecut în forme cilindrice cu posibilitatea de întoarcere. Aici are loc scurgerea zerului și autopresarea brânzei timp de circa 20 de ore, cu 4-5 întoarceri.

După autopresare brânza se sarează uscat de două ori într-un interval de două zile, sau pentru scurtarea timpului de fabricare, se poate introduce timp de trei ore în saramură cu concentrația de 20-22 %.

Pentru zvântare brânza sărată este așezată în încăperi termostate (13-15 °C, 75-85 % umiditate relativă), unde stă timp de 12-14 zile, cu întoarcerea periodică a acesteia. În aceste condiții, pe suprafața brânzei se formează un strat superficial de mucegai alb.

Maturarea durează între 8-15 zile, timp în care brânzeturile sunt puse pe rafturi speciale, cu posibilitatea de întoarcere, în spații cu temperatura de 11-15 °C și umiditatea relativă a aerului de 88-90 %. La finalul fazei de maturare mucegaiul capătă o nuanță ușor murdară și cu pete roșii.

Brânzeturi cu mucegai verde. Caracteristic acestui sortiment este brânza Roquefort la care maturarea este realizată prin acțiunea unui mucegai selecționat (*Penicillium roqueforti*), de culoare verde-albăstrui, ce se dezvoltă în întreaga masă de brânză, conferind produsului un gust și o aromă specifică.

Materia primă pentru fabricarea brânzei Roquefort este laptele de oaie, laptele de vacă, amestec din cele două, precum și un amestec de lapte de vacă cu lapte de bivoliță. După normalizare la maxim 3 % grăsime, laptele se pasteurizează și se răcește la 25-30 °C, moment în care se adaugă 3-5 % maia de bacterii lactice, timpul de coagulare fiind de 90-120 minute.

Coagulul se taie și se prelucrează până la obținerea boabelor cu consistența dorită, se sifonează zerul format și coagulul este trecut într-o vană specială pentru scurgere, temperatura fiind menținută constant la 18-20 °C. La finalul scurgerii masa de coagul se trece în forme cilindrice (diametrul de 20 cm și înălțimea de 15 cm), sub formă de straturi de 3-4 cm grosime, peste fiecare strat (mai puțin ultimul) fiind presărat pulbere de mucegai.

Formele de brânză se supun zvântării timp de 3-4 zile în camere termostate (18 °C și 90-95 % umiditate relativă a aerului), cu întoarcerea de trei ori pe zi a formelor. La final, brânzeturile se scot din forme și de zvântează pe pardoseală în pivnițe, timp de 4-5 zile la temperaturi scăzute de 10-12 °C.

Sărarea brânzeturilor se face în camere speciale, în 3-4 tranșe la interval de 1-2 zile, cu sare uscată, prin frecarea marginilor cu sare, temperatura de lucru trebuind să fie mai mică de 10 °C. În această perioadă, pe suprafața brânzeturilor se formează un mucilagiu care trebuie îndepărtat prin răzuire.

Înainte de a se pune la maturare formele sunt înțepate cu ace speciale, operație ce are ca scop accesul aerului în interior și dezvoltarea ulterioară a mucegaiului rapid și într-un mod cât mai uniform. Camerele de maturare sunt astfel realizate încât să asigure în mod strict temperatura de 5-7 °C și umiditatea relativă a aerului de 90-95 %, cu recircularea lui de cel puțin

trei ori pe zi. Acest lucru este necesar deoarece în procesul de maturare se degajă amoniac, bioxid de carbon și alte gaze specifice maturării

Pe durata maturării, la suprafața brânzeturilor se formează un strat de mucegai și mucilagii, care trebuie îndepărtate deoarece ele blochează accesul aerului în interiorul brânzei. Timpul de maturare variază între 1-3 luni, după care se recomandă ambalarea în foițe metalice și depozitarea în spații cu temperatura de 1-2 °C.

Brânza Tilsit se prepară din lapte de vacă integral sau parțial smântânit, la un anumit conținut în grăsime. Laptele este pasteurizat, apoi răcit la temperatura de închegare cuprinsă între 28-35 °C, când se adaugă maia din bacterii lactice (0,3-0,8 l/100 litri lapte), clorură de calciu (10-15 g/100 litri lapte) colorant (2-3 g/100 litri lapte galben de Orleans) și pentru a preveni balonarea azotat de potasiu (10-20 g/100 litri lapte).

Coagularea durează circa 30-40 minute, după care coagulul este mărunțit și amestecat timp de 10-15 minute. Urmează încălzirea a doua la temperatura de 35-42 °C cu amestecare continuă, la final boabele de brânză având o consistență elastică și suficient de tare. După un repaus se face scurgerea aproape în totalitate a zerului, masa rămasă se amestecă energetic și se repartizează în forme cilindrice cu diametrul și înălțimea de 25 cm. Se lasă la scurs timp de 12-20 de ore cu întoarcerea periodică a formelor.

Brânza se sarează în saramură la 12-16 °C, cu concentrația de 18-20 %, timp de 2-3 zile, apoi este urmată de o sărare uscată în 4-5 reprize, timp de 10-12 ore și o zvântare de scurtă durată, formele fiind trecute la camerele de maturare.

Maturarea brânzei Tilsit durează 2-3 luni și se desfășoară în încăperi cu temperatura de 12-16 °C și umiditatea relativă a aerului de 90-95 %. Ca urmare a faptului că după câteva zile pe suprafața formelor apare un strat de mucilagiu galben-roșiatic, acestea se spală la intervale de 3 zile, cu schimbarea rafturilor pe care au fost puse. La final brânzeturile se ambalează în hârtie pergaminată sau folie metalică cașerată cu hârtie pergament.

Brânzeturi olandeze. Din această grupă cele mai cunoscute sunt brânza Edam și Gouda, diferențele între cele două sortimente fiind date de formă și unele caracteristici organoleptice.

Brânza Edam se obține din lapte normalizat, pasteurizat și răcit la 32-35 °C când se adaugă 0,5-1,5 % maia de producție, formată din bacterii lactice. Pentru a obține o culoare galbenă, în lapte se adaugă colorant în proporție de 3-4 mg/100 litri.

Coagularea se produce la temperatura de 28-34 °C și durează între 35-40 minute. Coagulul se mărunțește continuu cu evacuarea de zer, fiind urmat de o a doua încălzire la 35-37 °C, când boabele de brânză sunt mici și elastice, uneori fiind practicată o spălare cu apă a boabelor prin înlocuirea unei părți din zer cu apă. La finalul spălării se elimină zerul și masa de coagul se supune presării în forme diverse, timpul de presare fiind dependent de formă.

Sărarea se face cu saramură de concentrație 18-20 % timp de 2 zile la formele mici și 4-5 zile la formele mari, temperatura saramurii fiind de 12-15 °C. După sărare uscată și o zvântare formele de brânză se introduc în camere cu temperatura de 10-15 °C și uscate, pentru a începe maturarea.

La început brânzeturile se întorc zilnic, apoi la interval de 2-3 zile, timp în care pe suprafața cojii se formează un mucegai care trebuie spălat periodic (8-10 zile), zvântate și reintroduse în camera de maturare. După 2-3 săptămâni coaja brânzeturilor devine compactă și uscată, moment în care acestea se parafinează și se depozitează în spații refrigerate la maxim 7-8 °C.

Brânza Gouda se obține din lapte integral sau parțial smântânit, pasteurizat, în care se adaugă aceleași cantități de maia ca și pentru brânza Edam.

Coagularea se desfășoară timp de 30-35 minute la temperatura de 30-33 °C, masa de coagul se mărunțește cu eliminarea unei părți din zer, apoi se supune încălzirii a doua la 37-43 °C cu amestecare, până la obținerea unor particule cu consistență tare.

Presarea masei de coagul se face în vană iar tăierea bucăților de coagul se face la dimensiunea formelor ce urmează a se obține. Dacă presarea se face în forme atunci acestea se întorc periodic pentru scurgerea zerului, în ambele cazuri forța de presare fiind crescătoare.

Sărarea se face cu saramură 15-17 % în prima zi și cu 22-24 % concentrație în a doua zi, durata sărării fiind în funcție de mărimea formei brânzeturilor (4-5 zile la formele mici și 7-8 zile la formele mari).

Maturarea brânzeturilor se face în camere speciale și durează un interval de timp de 2-3 luni, la început (8-10 zile) la temperatura de 15-17 °C, după care este scăzută la 13-15 °C, cu întoarceri ale formelor la intervale de timp determinate. Deoarece în perioada de maturare pe coajă se formează mucegaiuri, brânzeturile sunt spălate periodic, zvântate și reintroduse în camerele de maturare.

Brânza Șvaițer este un sortiment originar din Elveția, calitatea laptelui și calificarea personalului fiind determinante în obținerea unui produs corespunzător.

Laptele folosit ca materie primă trebuie să fie de foarte bună calitate, de regulă provenit de la vacile care pășunează în zona de munte. Înainte de coagulare, în lapte se adaugă o maia de culturi de tipul *Streptococcus thermophilus* și *Thermobacterium helveticum*, la care se mai poate adăuga și bacterii propionice.

Coagularea se desfășoară timp de 25-35 minute la 32-34 °C, cu tăierea verticală a coagulului și mărunțirea grosieră, urmată de mărunțirea cu harpă și formarea bobului de coagul. De aici masa este trecută la un amestecător mecanic unde timp de 30-50 minute se omogenizează boabele până la consistența și forma dorită. Urmează încălzirea a doua, timp de 25-35 minute la temperatura de 52-56 °C, când se continuă amestecarea masei de coagul și uscarea bobului, timp de 30-60 minute, la final fiind executată o amestecare puternică a masei de coagul, pentru uniformizarea repartiției acesteia sub formă conică.

Scoasă cu ajutorul unei sedile (tifon) masa de coagul este supusă presării într-o formă numită veșcă de formă cilindrică), mai întâi manual, pentru eliminarea unei părți din zer și uniformizarea grosimii, apoi se introduce într-o presă cu capac din lemn. Deoarece activitatea bacteriilor lactice trebuie să fie intensă în timpul presării, temperatura de lucru se va menține la circa 20 °C, bacteriile termofile cunoscând o dezvoltare intensă.

Durata presării variază între 20-24 de ore, timp în care formele se întorc periodic, la fiecare întoarcere fiind schimbată sedila cu una nouă. În acest timp forța de presare crește progresiv. După presare roțile de brânză se marchează cu data fabricației și se cântăresc, apoi sunt lăsate un timp determinat pentru răcire.

Sărarea uscată se face timp de 1-2 zile în forme și apoi în saramură cu concentrația de 20-22 %, la temperatura de 10-15 °C, cu întoarcerea lor, după care se scot bucățile de brânză și se așează pe polițe timp de 2-3 zile la zvântare. Înainte de maturare acestea se păstrează timp de 2-3 săptămâni în spații cu temperatura de 12-15 °C.

Maturarea se desfășoară în spații amenajate cu temperatura de 20-24 °C și umiditatea relativă a aerului de 85-90 %, cu întoarcere periodică și spălare de mucegai cu apă sărată (se evită astfel și o uscare prea intensă a coajii). După aproximativ o lună, brânzeturile sunt mutate într-un spațiu cu temperatura de 12-15 °C și umiditatea de 85-87 %, timpul de păstrare fiind de 3-6 luni, repetând întoarcere periodică și spălare de mucegai cu apă sărată. În final coaja capătă o culoare gălbuie, pasta este elastică cu goluri de aer, gust și aromă specifice.

Brânza Parmezan are consistența tare, fapt ce permite păstrarea ei o perioadă foarte lungă (mai mulți ani). Se obține din lapte de vacă normalizat la 2,0-2,2 % grăsime și nepasteurizat.

Coagularea se desfășoară timp de 15-20 minute la temperatura de 32-34 °C, după care coagulul este bine mărunțit și apoi amestecat 20 de minute cu separarea abundentă a zerului. După un repaus se scoate o parte din zer și se procedează la a doua încălzire în două trepte. O primă treaptă timp de 10-15 minute la 45-47 °C, când coagulul pierde din luciu și capătă elasticitate, apoi în faza a doua timp de 15-20 minute la 52-55 °C, când deshidratarea este accentuată iar boabele de coagul leagă tot mai bine, colorația pastei în galben fiind evidentă.

La sfârșitul încălzirii se face o amestecare intensă a masei de coagul, cu eliminarea unei cantități importante de zer și se lasă pentru depunere. După aceasta, coagulul se pune în forme cilindrice și se presează timp de 24 de ore, progresiv și cu întoarcere periodică a formelor. La final formele se scot din presă și se lasă 2-3 zile la zvântat în spații cu temperatura de 14-16 °C.

Sărarea formelor de brânză se face timp de 25-27 de zile cu saramură (40 g sare la 1 kg de brânză) la temperatura de 10-15 °C, cu întoarcere periodică a lor. La sfârșitul acestei perioade formele de brânză se pun pe rafturi la zvântare timp de 6-8 zile, apoi se spală cu apă caldă și se răzuiesc pe toată suprafața. Efectul urmărit este acela de a îndepărta eventualele mucegaiuri, dar și pentru a asigura cojii acea consistență care să împiedice evaporarea apei și extrudarea grăsimii în timpul maturării.

Prima etapă de maturare se desfășoară timp de 5-6 luni în încăperi cu temperatura de 12-16 °C, cu întoarcerea formelor la intervale de 4-5 zile. A doua etapă de maturare presupune curățirea brânzeturilor de mucegai, tratarea cojii cu ulei de in pentru oprirea procesului de deshidratare și păstrarea în spații cu umiditate de 75-80 % timp de 8-10 luni, timp în care pe suprafața brânzei se aplică un strat de vopsea specială. Procesul de maturare poate continua 3-4 ani, brânzeturile obținute putând fi păstrate la temperatura de 10-12 °C timp de până la 15-20 de ani.

Brânza Cheddar, este tot un sortiment cu consistență tare și durată de păstrare mare, specific acesteia fiind procesul de acidifiere a cașului, operație numită și cedarizare.

Materia primă o constituie laptele de vacă cu 3,4-3,6 % grăsime, 85 % crud în amestec cu 15 % lapte pasteurizat. Maiaua de producție, în proporție de 1,5-1,7 %, conține bacterii lactice de tipul *Streptococcus lactis*, *diacetilactis* și *cremoris*, la care se mai adaugă 0,1-0,2 % o maia din *Lactobacillus helveticus* și *Streptobacterium casei*. În această fază se mai adaugă în lapte colorant alimentar (4-8 g/100 litri șofran) și clorură de calciu (20 g/100 litri).

Coagularea se desfășoară timp de 30-35 de minute la o temperatură de 30-35 °C. Prelucrarea presupune mărunțirea treptată a boabelor de coagul cu eliminarea zerului urmată de încălzirea masei de coagul în două trepte: o primă treaptă la 37 °C cu amestecare continuă, urmată de a doua la 42 °C, când se separă cea mai mare parte din zer iar boabele de caș se așează în vană sub formă de strat gros de 15-20 cm, urmat de o presare a masei de coagul.

Cedarizarea începe cu tăierea în forme paralelipipedice ale masei presate și așezarea lor în vana specială, la care evacuarea zerului se face prin zona centrală. Se închide capacul vanei și se introduce abur până temperatura ajunge la 35-38 °C. La intervale de 10 minute bucățile de caș se întorc și se așează pe trei straturi. Ca urmare a creșterii temperaturii, fermentația lactică este stimulată, se formează tot mai mult acid lactic și care determină acumularea unei cantități din ce în ce mai mari de paracazeinat monocalcic în masa de caș care, se înmoaie, se întinde și se desface în straturi. Procesul de cedarizare se oprește atunci când aciditatea cașului a ajuns la 220 °T, de regulă procesul durând între 100-120 de minute.

Brânza cedarizată este tăiată sub formă de tăiței mari, se sarează cu 2,5-3,0 kg sare pentru 1000 litri de lapte, după care se introduce în forme cilindrice unde se presează progresiv timp de 30-40 de ore. Se scoate din forme și se supune prematurării timp de 12 zile în camere cu temperatura de 10-12 °C și umiditatea relativă de 75-80 %, cu întoarcerea și ștergerea periodică a mucegaiului, la final formele de brânză se parafinează.

Maturarea propriu-zisă se desfășoară timp de 3 luni în camere cu temperatura de 6-10 °C, umiditatea relativă de 75-80 %, cu întoarceri periodice, după care formele de brânză se parafinează din nou.

Tehnologia de fabricare a brânzeturilor frământate. Brânzeturile frământate sunt produse originare din zona montană, obținute din lapte de oaie, după procedee simple și care presupun prepararea cașului de oaie și apoi a brânzei propriu-zise.

Brânza de puțină, specifică zonei Moldovei, presupune închegarea cașului de oaie cu cheag timp de 45-60 de minute, la temperatura de 30-32 °C. Coagulul se taie în bucăți și se mărunțește pentru obținerea boabelor de coagul de mărimea unei nuci sau chiar mai mici, după care se strânge cu o sedilă și se frământă ușor pe o crintă, timp în care se scurge o mare parte din zer. Sedila se leagă și se atârână pentru scurgerea zerului, uneori cu ușoare presări a masei, scurgerea fiind considerată încheiată atunci când picăturile de zer sunt mici și rare.

Cașul rezultat de la scurgere trebuie maturat timp de 3-6 zile în spații cu atmosferă controlată (temperatura de 12-15 °C, cu întoarcere periodică a cașului). La finalul maturării, cașul are o culoare gălbuie, miros și gust specifice, cu goluri în întreaga masă a sa.

Pentru obținerea brânzei frământate, cașul se taie în felii subțiri, după îndepărtarea cojii, se supune mărunțirii cu mașini de tocat, în urma căreia rezultă o pastă fină și cu structură omogenă. Se adaugă 3-4 % sare peste pasta de brânză care, se amestecă bine și se trece prin valțuri pentru a omogeniza pasta. Astfel pregătită, pasta de brânză se introduce în putini de lemn căptușite cu hârtie pergament, se presează bine pentru eliminarea aerului și se închid cu capace pentru a nu permite contactul cu aerul, după care se putinile se pun la maturare două săptămâni în spații cu temperatura de 14-16 °C.

Brânza de burduf este de asemenea specifică regiunilor montane, dar se fabrică și în sistem industrial. Tehnologia presupune obținerea cașului de oaie care, este asemănătoare ca la brânza de puțină, cu mici deosebiri ce țin de specificul zonei.

Cașul maturat se taie în bucăți mici și se mărunțește pe mașini de tocat, se sarează uscat cu 2,5-3,5 % sare, se frământă bine până când rezultă o pastă omogenă cu gust ușor sărat. Dacă este necesar pasta se poate omogeniza și prin trecerea ei pe valțuri.

Preparată astfel, pasta de brânză se pune în piele de oaie (burduful) și care a fost pregătită, respectiv tratată corespunzător, presată bine pentru eliminarea cât mai completă a aerului, urmată de înțeparea pe alocuri a burdufului pentru a permite scurgerea zerului care se eliberează din pasta de brânză. Mărimea burdufului poate varia de la 2-3 kg, când se folosesc bucăți din piele de oaie și până la 50-60 kg când se folosesc piei întregi de oaie.

Maturarea brânzei de burduf se desfășoară timp de 10-14 zile în spații cu temperatura de 12-15 °C și umiditatea relativă a aerului de 80-85 %, în final produsul având o consistență moale, untoasă și gustul specific.

Brânza în coajă de brad este un produs care se face de obicei în stânilor montane, după un proces asemănător cu cel al brânzei de burduf, cu deosebirea că maturarea se face după ambalarea pastei de brânză în coajă de brad. Acest lucru permite imprimarea unei arome specifice de material rășinos produsului final.

Tehnologia de fabricare a brânzeturilor opărite. Fabricarea brânzeturilor opărite se bazează pe proprietatea cazeinei de a se întinde în fire (a căpăta proprietăți plastice), în anumite condiții de temperatură și aciditate. Practic se produce o demineralizare a coagulului, când fosfocazeinatul de calciu elimină o parte din calciul combinat.

Produse originare din Italia (cunoscute încă din perioada romană), ele foloseau în exclusivitate laptele de oaie, actualmente fiind folosit și laptele de vacă simplu sau în amestec cu cel de oaie. În funcție de consistența pastei brânzeturilor opărite, denumite cașcavaluri, se fabrică în trei variante: cu pastă tare, cu pastă semitare și cu pastă moale.

Cașcavalul cu pastă tare se obține din lapte de oaie și cuprinde două faze: pregătirea cașului și fabricarea efectivă a cașcavalului.

Laptele normalizat și pasteurizat se încheagă cu culturi selecționate timp de 30-45 de minute la temperatura de 32-35 °C. Prelucrarea coagulului presupune tăierea și amestecarea sa timp de 10-15 minute, până la obținerea unor boabe de mărimea mazării, urmată de amestecarea energetică timp de 5-10 minute cu amestecătorul. Se obține în acest fel o bună deshidratare a masei de coagul, proces care este continuat prin încălzirea a doua la 38-40 °C, timp în care masa este supusă unei amestecări continue.

După încălzirea a doua, boabele de coagul se adună și se presează pe fundul vanei, după care se pun într-o sedilă la scurs, cu mărunțire pentru favorizarea eliminării zerului. Cașul se presează până la realizarea unei umidități de 46-48 %, fiind lăsat apoi în camere la temperatura de 22-24 °C pentru fermentare, până la obținerea unui pH de 4,8-5,0, considerată valoarea optimă pentru opărire.

Operația specifică fabricării cașcavalului este opărirea și ea asigură cașului acele însușiri plastice precum consistență și elasticitate, cu pierderi minime de substanță uscată sau grăsimi. Pentru aceasta cașul se taie în felii sau bucăți mici și se amestecă cu apă fierbinte la temperatura

de 70-75 °C (la unele sortimente poate ajunge și la 85 °C), timp de 1-2 minute cu amestecarea continuă a masei de caș cu spatule, astfel că masa de caș devine o pastă moale și elastică și are temperatura finală de circa 55 °C. Pentru eliminarea apei cașul opărit se frământă manual, se întinde de câteva ori și se suprapune în straturi, cu sărarea uscată a fâșiilor de caș opărit. Sărarea se poate face și în timpul opăririi cașului, adăugând o saramură cu concentrația de 8-12 %.

Pasta caldă se pune în forme cilindrice sau paralelipipedice de diferite mărimi, prevăzute cu la interior cu tifon pentru absorbirea zerului, se lasă timp de 24 de ore cu întoarcere periodică a formelor, după care se scot din forme și se așează pe rafturi în camere aerate pentru zvântare.

Procesul de maturare a cașcavalului durează aproximativ trei luni și se desfășoară în spații cu temperatura de 16-20 °C și umiditate de 85 %, cu întoarcere periodică a formelor. În primele zile de maturare se poate aplica o ușoară sărarea uscată a formelor, ceea ce grăbește formarea cojii.

După terminarea maturării formele de cașcaval se spală, se zvântează și se acoperă cu parafină, depozitarea fiind făcută în spații reci la temperaturi de 4-8 °C și umiditate de 85-90 %.

Cașcavalul cu pastă semitare se obține după o tehnologie asemănătoare celui cu pastă tare, cu deosebirea că opărirea și prelucrarea cașului opărit se face astfel încât umiditatea pastei este mai mare.

Sărarea formelor de cașcaval se face cu saramură de 22-24 % concentrație, timp de 24 de ore și ea poate fi completată cu sărare uscată în timpul zvântării și după aceasta.

Maturarea cașcavalului cu pastă semitare se face timp de 45 de zile la temperaturi joase și umiditate ridicată, din care cauză și cantitatea de apă din produs se păstrează.

Cașcavalul cu pastă moale se fabrică din lapte de vacă și are o tehnologie asemănătoare produselor cu pastă semitare, conținutul în apă fiind superior acestora.

În afara acestor produse caracteristice, în industria alimentară de mai regăsim și alte tipuri de produse precum cașcavalul afumat (cu pastă tare, împletit sau în forme cilindrice, paralelipipedice, respectiv pară-Provolone) cașcaval crud (Mozzarella, este un cașcaval care se consumă imediat după maturare), păpuși de caș (cu pastă tare, sărate în saramură și afumate la rece), etc.

Tehnologia de fabricare a brânzeturilor topite. Sunt produse rezultate în urma topirii diverselor sortimente de brânzeturi în prezența unor săruri de topire. Aceste produse nu prezintă coajă, nu au nevoie de maturare și se pot păstra timp îndelungat în anumite condiții de depozitare.

Ca materie primă la fabricarea brânzeturilor topite se folosesc brânzeturi fermentate, brânzeturi frământate, brânzeturi oprite și caș, proporțiile fiind stabilite prin rețete de fabricație. Aici se adaugă și acele brânzeturi care prezintă defecte de formă, cu coaja crăpată sau neîngrijită. Nu se folosesc acele produse care prezintă defecte de fabricație, deoarece aceste defecte se transmit și produsului topit.

Operația specifică acestor brânzeturi este topirea și ea este influențată de sărurile de topire folosite, având rol de emulgatori, cu efecte asupra consistenței, a gustului și a conservabilității. În practica industrială se folosesc săruri de sodiu ale acidului citric, ale acidului tartric, polifosfați și săruri ale acizilor orto și meta pirofosforic.

În timpul topirii, în lipsa emulgatorilor, are loc o separare a grăsimii de substanțele proteice sub efectul căldurii, rezultând o masă cauciucosă ce plutește în grăsimea topită. Adăugarea de săruri de topire face ca acestea să se absoarbă în masa de brânză, produc umflarea și solubilizarea substanțelor proteice, cu formarea unei noi emulsii cu grăsimea. Prin răcire masa de emulsie se solidifică, păstrându-și caracterul de emulsie.

Topirea materiilor prime, mărunțite în prealabil, se realizează pe durata a 10-15 minute în utilaje speciale, la temperaturi de 85-90 °C, amestecarea continuă a masei topite cu adaos de 2-3 % pulbere de săruri în funcție de tipul de produs, astfel ca brânza topită să aibă un pH final de 5,7-5,9. Pentru produse cu pastă moale se face o topire la temperaturi mai scăzute și cu o durată în timp mai mare, în timp ce la produsele cu pastă mai tare se face o topire rapidă la temperaturi ridicate și cu săruri speciale.

După topire pasta moale se trece la mașinile de divizat, unde temperatura pastei se menține ridicată, urmată de ambalare și răcire progresivă pentru a evita condensarea vaporilor de apă pe suprafața ambalajului.

14.7. Tehnologia de fabricare a înghețatei

Înghețata este definită ca un produs alimentar obținut prin congelarea cu înglobarea de aer a unui amestec format din lapte, produse lactate și ingrediente. Fluxul tehnologic de fabricație cuprinde operațiile următoare: prepararea mixului sau a amestecului de materii prime și adaosuri, pasteurizarea, omogenizarea, răcirea, maturarea, congelarea sau freezarea, ambalarea, călirea și depozitarea.

Materiile prime și adaosurile folosite la fabricarea înghețatei depind de sortimentul fabricat și sunt:

- lapte integral, lapte concentrat, smântână, lapte praf degresat, unt dulce și topit, zară dulce sau praf;
- emulgatori și stabilizatori de emulsie precum gelatină, monostearat de glicerină, agar-agar, polizaharide de tipul gume sau amidon, unii fosfați și citrați, lecitină, gălbenuș de ou;
- îndulcitori vegetali (zaharoză, glucoză) și înlocuitori (zaharină, sorbitol);
- adaosuri pentru aromă și gust: arome și coloranți sintetici, fructe proaspete, congelate, zaharisite și sucuri de fructe, vanilie, cacao, alune, nuci, esențe (portocale, lămâie, fistic, etc.), coloranți naturali (indigotină, tartrazină, amarant);
- acizi organici pentru corectarea acidității (acid ascorbic, acid citric, acid lactic, acid fosforic, acid malic, acid tartric), pentru creșterea conținutului în vitamina C (acid ascorbic) sau ca emulgatori (acid fosforic și acid citric).

Prepararea mixului sau a amestecului de materii prime, materiale și adaosuri se realizează în vane mari cu posibilitatea amestecării și încălzirii acestuia, după rețete specifice fiecărui sortiment fabricat. Ca ordine de introducere, mai întâi se pun în vană toate componentele lichide care se amestecă continuu și se încălzesc pentru o mai bună omogenizare. Urmează adăugarea componentelor uscate, după ce în prealabil au fost pregătite corespunzător, continuând amestecarea și apoi stabilizatorii de emulsie, sub formă de soluții sau pulbere. Principalii indicatori de calitate ai amestecului sunt vâscozitatea și aciditatea naturală, acești parametri fiind determinați de compoziția amestecului și calitatea ingredientelor folosite.

Pasteurizarea urmărește atât distrugerea microflorei patogene, cât și o îmbunătățire a calităților tehnologice ale amestecului. În funcție de tipul de stabilizator folosit pasteurizarea se poate face la temperaturi de 63-65 °C timp de 20-30 minute, pentru aceasta fiind utilizate vane cu pereți dubli, respectiv timp de minim 2,5 secunde la 80 °C sau 1-3 secunde la 100-130 °C, când se utilizează pasteurizatoare cu plăci. După pasteurizare și răcire, în amestec se introduc aromele și coloranții

Metodele de pasteurizare la temperaturi înalte sunt recomandate deoarece ele distrug cel mai bine microorganismele din mixuri, îmbunătățesc textura și aroma produsului, reducând și cantitatea necesară de stabilizator.

Omogenizarea amestecului trebuie să ducă la obținerea unei suspensii stabile, omogene și fine a grăsimii, pentru a evita separarea ei sub formă de boabe de unt. Operația se realizează în instalații cu două trepte, prima la presiune ridicată (între 150-250 atm, în funcție de conținutul în grăsime), iar a doua treaptă la presiune scăzută (35-40 atm).

Răcirea amestecului se face rapid la 3-5 °C și are ca scop stabilizarea emulsiei de grăsime. Acest lucru va împiedica particulele de grăsime să se aglomereze, dar în același timp va preveni și o eventuală dezvoltare a microorganismelor ce au supraviețuit tratamentului termic. Răcirea previne creșterea vâscozității amestecului, fapt care va favoriza operația de congelare parțială.

După răcire masa de amestec se lasă la maturare timp de minim 4 ore, temperatura de lucru fiind de 0-4 °C. În acest timp se produce solidificarea particulelor de grăsime, o hidratare a

substanțelor proteice cu absorbția apei în stare liberă și care determină formarea unui gel elastic. Dacă durata de maturare crește și procesele de maturare se intensifică, dar din considerente economice aceasta este limitată în timp.

Congelarea parțială a masei de amestec, numită și freezerare, realizează solidificarea a cel puțin 35-60 % a apei din amestec, fapt ce determină creșterea volumul înghețatei cu până la 25-100 % față de volumul inițial. În tot acest timp în masa de amestec supusă congelării se înglobează aer până la limita la care cantitatea de aer încorporată este egală cu cea pierdută (limita de reținere a aerului). Prezența aerului face ca în timpul congelării cristalele de gheață formate să aibă o structură fină, uniform distribuite în masa de înghețată, rezultând un produs care în timpul călirii și depozitării își va păstra structura.

Viteza de congelare trebuie să fie mare și ea se realizează în aparate speciale numite freezere, la final temperatura produsului fiind de $-4 \dots -7 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Ea depinde de vâscozitatea amestecului, de punctul de îngheț al acestuia, conținutul în grăsime, temperatura de lucru, viteza de circulație a amestecului și a agentului frigorigen, astfel că ea se alege în funcție de toți acești factori.

Călirea înghețatei se face imediat după congelare și se realizează în tunele cu circulație forțată a aerului la temperaturi de $-35 \dots -40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, timp de 1-4 ore (în funcție de modul de ambalare). În acest interval de timp se congelează și restul de apă din înghețată (circa 50 %).

Aici se poate evidenția dacă aerul înglobat în amestec la freezerare este în proporție corespunzătoare. Astfel, dacă aerul înglobat este prea puțin, atunci înghețata se întărește, devine densă, iar cristalele de gheață sunt mari, în timp ce o cantitate de aer prea mare duce la comprimarea înghețatei.

Înghețata se păstrează în depozite frigorifice timp de 1-4 luni la temperaturi de $-18 \dots -25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, iar la temperaturi mai scăzute și până la 8 luni, transportul și distribuirea ei fiind realizată cu mașini frigorifice la care temperatura produsului nu trebuie să depășească valori de $-15 \dots -16 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

14.8. Tehnologiile de valorificare a subproduselor din industria laptelui

În urma prelucrării laptelui rezultă unele subproduse a căror valoare nutritivă este importantă, ca de altfel și prezența substanțelor azotoase, a glucidelor și lipidelor, din care se pot obține produse cu diverse utilizări în industria alimentară (industria produselor lactate, industria cărnii, industria produselor de panificație și patiserie), industria hârtiei, zootehnie, etc.

Principalele produse secundare rezultate la industrializarea laptelui sunt laptele smântânit, zerul rezultat de la fabricarea brânzeturilor și zara rezultată de la baterea smântânii, compoziția lor fiind determinată de procedeele fizice și biochimice aplicate la prelucrarea laptelui sau a smântânii.

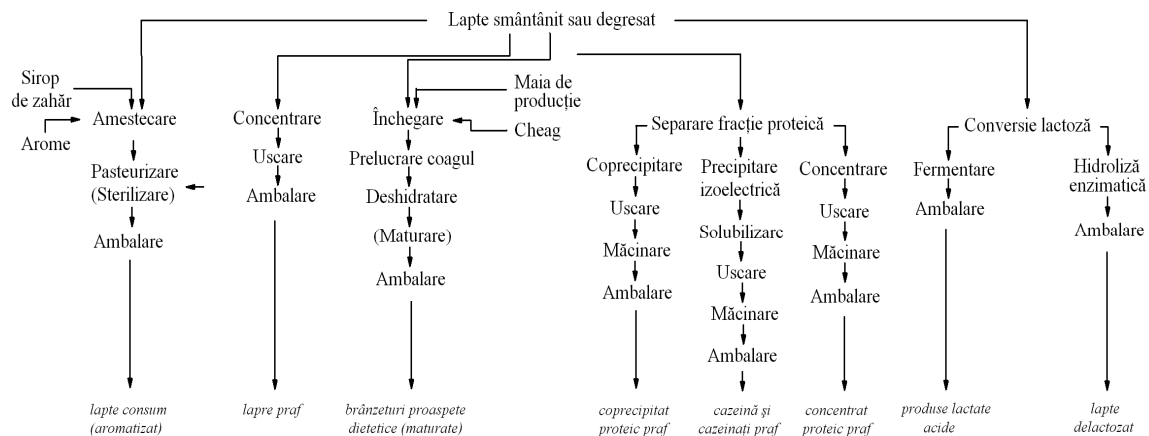


Fig. 14.35. Schema tehnologică de valorificare a laptelui degresat

Laptele degresat rezultă în urma extragerii grăsimii, restul componentelor fiind în proporțiile normale (91-93 % apă, 7-9 % substanță uscată din care 0,01-0,1 % grăsime, 3-4 % substanțe proteice, 4-5 % lactoză, 0,6-0,8 % săruri minerale, vitamine și enzime).

Prin diverse procedee de prelucrare a laptelui degresat (fig. 14.35) din acest subprodus se pot obține lapte de consum dietetic, îndulcit și aromatizat, lapte praf degresat, brânzeturi dietetice proaspete și maturate, cazeină și derivate proteice sub formă de praf, produse lactate acide sau lapte delactozat.

Cazeina acidă în soluții alcaline este folosită la producerea cleiurilor, a hârtiei, liant în pastele de cretare, la finisarea pieilor de animale, precum și la prepararea unor soluții pentru hârtii și pelicule fotografice.

Coprecipitatele și cazeinații sunt foarte larg utilizate în diverse subramuri ale industriei alimentare:

- în industria laptelui: la produsele lactate propriu-zise (iaurt cu coprecipitat proteic, smântână cu cazeinat de sodiu), produse lactate speciale pentru alimentația copiilor mici și a sugarilor (cu conținut ridicat în aminoacizi esențiali, calciu și digestibilitate mărită), produse energizante și fortifiante, produse lactate simulate (lapte simulat cu grăsime ce nu provine din lapte sau uleiuri vegetale, smântână simulată), produse de batere (sunt pulberi care în amestec cu apa dau spume stabile), produse instant;

- în industria cărnii: la obținerea texturatelor proteice care constituie materia primă la fabricarea înlocuitorilor de carne și ca adaosuri proteice nutritive în preparatele din carne;

- în industria de panificație și patiserie: la îmbunătățirea indicelui de deformare a glutenului și a însușirilor aluatului, mărind porozitatea și volumul, la fabricarea biscuiților glutenoși și zaharoși mărind rezistența la rupere și sfărâmare, la creșterea valorii nutritive a unor produse de patiserie, cu imprimarea unui gust specific de lapte.

Laptele praf degresat este cel mai des utilizat în industria alimentară dintre produsele secundare, fiind folosit la fabricarea unor produse lactate (iaurturi, înghețată, unele brânzeturi), în industria cărnii (întră în compoziția unor preparate precum salamuri, cârnați, rulade, cremwurști), în industria de panificație la creșterea valorii nutritive a pâinii, a conservabilității, dar și la imprimarea gustului de caramel al cojii, la fabricarea biscuiților, a napolitanelor și a diferitelor glazuri, la fabricarea ciocolatei și a bomboanelor.

Laptele delactozat este utilizat în alimentația acelor persoane care manifestă intoleranță față de lactoză.

Zerul rezultat de la fabricarea brânzeturilor are o compoziție chimică medie de 93-95 % apă, 5-7 % substanță uscată din care 4-5 % lactoză, 0,8-1,0 % substanțe proteice, 0,5-0,8 % săruri minerale, 0,0-0,3 % grăsime și 0,2-0,8 % acid lactic, în zer mai fiind identificate și vitaminele C, B₁, B₂, B₆ și H.

Din zer, ca subprodus al industriei laptelui, se pot obține băuturi răcoritoare, brânzeturi, zer concentrat și praf, lactoză și unele produse chimice. În unele cazuri zerul este folosit și la producerea de etanol.

Băuturile răcoritoare din zer sunt fabricate din timpuri străvechi, caracteristice fiind cvasul și chiselul. Cvasul se obține prin fermentarea cu culturi de bacterii lactice și drojzii a zerului dulce (rezultat de la fabricarea brânzeturilor închegate cu cheag sau a cașului), la care se adaugă 2-3 % zahăr. Chiselul are același proces de fabricație, cu deosebirea că în zer se mai adaugă cantități mici de amidon și substanțe aromatizante. Unele sortimente de băuturi din zer se obțin prin adaos de zară, zahăr, miere și sucuri de fructe.

Brânzeturile din zer sunt reprezentate în special de urdă, un produs alimentar bogat în grăsime și albumină. Urda se prepară din zerul rezultat la fabricarea cașului de oaie, încălzit și amestecat continuu (se evită depunerea albuminei pe suprafața vasului), când la suprafața sa se formează o spumă care se separă și se pune la scurs într-o sedilă.

Din categoria brânzeturilor din zer se mai pot aminti brânza Ricotta (se fabrică din zer amestecat cu 10 % lapte degresat sau zară dulce), Brânza Mysot (din zer de vacă), Gjetost (din zer de oaie), Primost (din zer cu adaos de grăsime din lapte), respectiv Gudbrandsdalsost (88 %

zer de oaie, 12 % zer de vacă amândouă concentrate).

Zerul concentrat poate fi cu sau fără adaosuri, în funcție de gradul de concentrare având zer concentrat la o anumită densitate cu adaos de zahăr sau fără adaos, sirop de zer și pastă de zer.

Zerul praf se obține după o tehnologie asemănătoare laptelui praf, conținutul final al produsului în apă fiind de circa 8 %. Zerul praf este utilizat atât în industria de panificație, cât și la fabricarea înghețatei, la fabricarea bomboanelor precum și în scopuri furajere.

Lactoza separată din zerul dulce este folosită ca agent de cristalizare la fabricarea laptelui concentrat, la frăgezirea produselor de patiserie, ca agent de dispersie în producerea coloranților.

Dintre produsele chimice care se pot separa din zer, cele mai importante sunt acidul lactic și lactatul de calciu. Pentru aceasta zerul pasteurizat se fermentează cu bacterii lactice termofile rezultând 0,5-0,6 % acid lactic, iar prin neutralizarea cu carbonat de calciu se obține lactatul de calciu.

Acidul lactic este utilizat la fabricarea băuturilor nealcoolice, la unele produse de cofetărie, la prelucrarea pieilor în industria textilă, la fabricarea unor materiale plastice.

Zara rezultată de la baterea smântânii are compoziția chimică apropiată de cea a laptelui degresat: 92-93 % apă, 7-8 % substanță uscată din care 0,1-1 % grăsime, 3-3,5 % substanțe proteice, 3-3,5 % lactoză și 0,6-0,7 % săruri minerale. Ca urmare a compoziției sale bogată în substanțe nutritive, zara se poate valorifica în mai multe sortimente de produse.

Băuturile răcoritoare se obțin din zară proaspătă în amestec cu zahăr, fermentată cu bacterii acidofile și aromatizată cu diverse substanțe.

Brânzeturile se fabrică din zară în amestec cu lapte smântânit (sub 30 %), produsul final având aspectul asemănător brânzei de vacă.

Concentratele din zară sunt utilizate pe scară largă la alimentația animalelor. Aceasta se concentrează până la 28-30 % substanță uscată, după care se amestecă cu alte furaje.

Zara sub formă de praf are o valoare nutritivă apropiată de cea a laptelui smântânit și este folosită în industria de panificație la creșterea valorii nutritive a produselor, la unele produse de patiserie, prin conținutul în acid lactic zara având și rolul de a combate flora de putrefacție din intestine.

XV. TEHNOLOGII ÎN INDUSTRIA MORĂRITULUI ȘI A PRODUSELOR DE PANIFICAȚIE

15.1. Tehnologia morăritului și a crupelor

Mărunțirea cerealelor și a altor boabe a început să se practice încă din neolitic, odată cu apariția primelor mori cu pietre, evoluând extrem de rapid în perioada modernă la actualele instalații complexe de morărit.

Morăritul are ca scop mărunțirea și transformarea boabelor de cereale și unele leguminoase în făină și crupe. Crupele sunt produse rezultate prin descojirea și uneori sfărâmarea grosolană a boabelor, urmată de șlefuirea și polisarea lor.

Principalele materii prime folosite în industria morăritului sunt grâul și secara, din care se obține făina necesară fabricării pâinii și produselor făinoase, respectiv porumbul din care se obține mălai și materii prime pentru produse expandate.

Ca pondere grâul ocupă primul loc în morărit, cele mai cunoscute specii fiind grâul comun (*Triticum vulgare*), cu cea mai largă întrebuințare la obținerea făinii de panificație și grâul tare (*Triticum durum*), folosit la obținerea unei făini cu destinație specială, dar mai ales la făina folosită la fabricarea pastelor făinoase. Compoziția chimică a boabelor de grâu este diversă și neuniform repartizată pe părțile anatomice, de aceea prin măcinare se separă miezul sau corpul făinos, cu valoare alimentară ridicată, de învelișul lipsit de valoare pentru consum.

Secara este a doua cereală ca importanță din care se obține făină panificabilă. Făina de secară este folosită atât la fabricarea unor produse de panificație, ca atare sau în amestec cu făină de grâu, cât și în alte domenii precum industria mobilei, industria electrotehnică, etc.

Porumbul are o compoziție chimică complexă, fiind o materie primă valoroasă la obținerea mălaiului, iar germeii din boabe la fabricarea uleiului comestibil.

Caracteristicile tehnologice ale cerealelor au o influență foarte mare asupra procesului de prelucrare, cele mai importante fiind: mărimea, forma și umiditatea boabelor, duritatea, sticlozitatea și făinozitatea lor, masa hectolitrică, capacitatea de curgere, plutire și autosortare, conductibilitatea și difuzivitatea termică, higroscopicitatea acestora.

Curățirea și condiționarea urmărește eliminarea impurităților și a corpurilor străine, precum și reglarea umidității la valori optime pentru măcinare. În figura 15.1 este prezentată schema tehnologică de curățire și condiționare a grâului.

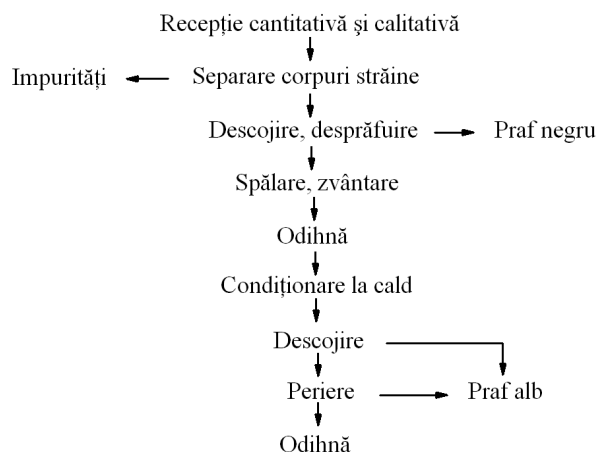


Fig. 15.1. Schema de curățire și condiționare a grâului

Eliminarea impurităților se poate realiza în patru etape distincte:

- eliminarea fracțiilor ușoare prin aspirație: folosește separatorul aspirator sau tararul de moară, etapă în care se separă minim 65-70 % din impurități;

- eliminarea pietrelor cu separatoare de pietre: masa de boabe este distribuită uniform pe o sită înclinată, fiind supusă unor microaruncări în prezența unui curent de aer ascendent; pietrele mai mari decât boabele rămân pe sită înaintând spre partea ridicată, în timp ce boabele coboară spre evacuare;

- eliminarea impurităților prin separarea după forma geometrică: se

realizează cu trioare cilindrice de mare capacitate;

- eliminarea impurităților metalice feroase: ele provin de la mașinile de recoltat, sistemul de transport mecanic sau silozuri și se separă cu ajutorul magneților permanenți sau a electromagneților.

Pe lângă impuritățile prezentate anterior, unele boabe de cereale conțin pe suprafața lor, în șanțuleț și bărbuță, praf și microorganisme, pentru îndepărtarea lor fiind necesare operații de descojire și periere. Descojirea are ca scop eliminarea prafului de pe suprafața boabelor, a unei părți din embrion și parțial a învelișului superficial (pericarp), prin lovirea și frecarea boabelor de o manta din împletitură de sârmă. Efectul tehnologic al descojirii se apreciază după cantitatea de praf rezultată, micșorarea conținutului de substanțe minerale și conținutul de boabe sparte rămase în masa de grâu, respectiv în praful colectat la descojire.

Perierea este ultima treaptă a descojirii la care, pentru a evita producerea electricității statice în timpul frecării, periile sunt confecționate din material plastic stabilizat electrostatic.

Deoarece prin descojiri repetate nu se pot îndepărta în totalitate impuritățile de pe suprafața boabelor, acestea se supun unei spălări prin care sunt separate eventualele resturi de fragmente de pietre, pământ paie, sau pleavă. Spălarea este considerată o operație costisitoare prin consumul mare de apă (1-3 l/kg boabe) și de aceea ea nu este obligatorie.

Condiționarea boabelor de grâu se practică deoarece s-a constatat că prin tratarea lor cu apă și căldură se influențează în mare parte procesul de măcinare, gradul de extracție, conținutul în substanțe minerale ale făinii și într-o oarecare măsură însușirile de panificație ale făinii.

Moara sau secția de măciniș este locul unde boabele diverselor cereale sunt transformate în făină, germeni, tărâțe și uneori griș comestibil. Principalele operații tehnologice din moară sunt măcinarea și cernerea, pentru a căror realizare sunt necesare instalații de transport și ventilație, complexitatea unei mori fiind influențată de tipul de cereale măcinate și sistemul de transport al produselor în moară. Cea mai simplă din punct de vedere constructiv este moara de porumb, iar cea mai complexă este moara de grâu.

Măcinarea este operația de sfărâmare a boabelor de cereale în particule cu dimensiuni diferite, în scopul obținerii făinii, tărâței și germenilor. Se bazează pe acțiunea mecanică a tăvălugilor măcinători asupra boabelor, până când întreg miezul este transformat în făină.

Măcinarea se realizează printr-o fragmentare a boabelor care, trecute de mai multe ori printre tăvălugi, ajung la o granulație din ce în ce mai mică, între fragmentări fiind efectuate și separarea fracțiilor prin cernere. În raport cu mărimea granulelor, la măcinare se pot obține următoarele fracții: șroturi sau crupe, grișuri, dunsturi și făină, respectiv tărâțe.

Valțurile pentru măcinat au cunoscut diverse forme constructive, dar la toate măcinarea se produce prin trecerea boabelor printre doi tăvălugi așezați paralel, la o anumită distanță unul de celălalt. Tăvălugii sunt executați din fontă cu suprafața netedă sau profilată, în funcție de rolul tehnologic, capacitatea de lucru a valțurilor fiind influențată de o serie de factori, cei mai importanți fiind:

- gradul de măcinare sau de mărunțire: depinde de caracteristicile tehnice ale valțurilor și modul de conducere a operației;
- tipul de produse obținute: de regulă, fiecare pereche de tăvălugi macină doar o anumită categorie sau tip de produse;
- gradul de încărcare: depinde de caracteristicile tehnice ale valțurilor, respectiv de sortimentul de făină ce urmează a fi obținut (scade încărcătura specifică la obținerea făinii albe față de cea la obținerea făinii integrale);
- starea suprafeței de lucru: scade capacitatea de lucru odată cu creșterea gradului de uzură a suprafeței active de lucru (uzura riflurilor), prin aceea că nu se mai obține granulația dorită;
- umiditatea boabelor: cu cât boabele sunt mai umede trec mai greu prin valțuri, aderă la suprafața lor și afectează negativ gradul de mărunțire;
- granulația boabelor: boabele cu granulație mult diferită vor fi măcinate selectiv, afectând capacitatea de măcinare;
- temperatura valțurilor: prin căldura degajată în timpul măcinării un valț neventilat transpiră și împreună cu făina formează o cocă ce se depune pe suprafața tuturor organelor utilajului.

Dislocatorul sau finisorul de tărâțe este un utilaj care realizează desprinderea învelișului de pe miez și mărunțirea miezului, prin lovirea puternică a boabelor de o manta cilindrică perforată. Învelișul rămâne sub forma unor particule mari, spre deosebire de valțuri care macină în mare măsură și învelișul. Măcinarea cu dislocatorul de tărâțe este folosită atât la terminarea șrotuirii, cât și a fazei de măcinare.

Cernerea constă în separarea cu ajutorul sitelor a unor fracțiuni alcătuite din particule cu granulația cuprinsă în anumite limite, dintr-un amestec de boabe măcinate. Frația ce trece prin ochiurile sitei se numește cernut, iar partea care alunecă pe site se numește refuz.

În morile de cereale se folosesc scheme de cernere complexe la care, prin ordinea de dispunere a sitelor, se urmărește ca produsele cu granulație mare să fie trecute cât mai repede la măcinare. Prima grupă de site care refuză aceste produse au ochiurile mari și sunt executate din sârmă de oțel. Urmează sitele care refuză a doua categorie de produse (grișuri), care sunt dirijate la măcinare sau curățire. A treia categorie de site o constituie sitele cernătoare de făină, iar a patra grupă de site sortează dunsturile sau fracțiile cu granulația cuprinsă între grișurile mici și făină.

Capacitatea de cernere a unei site este influențată de suprafața utilă, desimea ochiurilor (numărul sitei), încărcătura cu material, umiditatea amestecului și temperatura lui, modul de mișcare a particulelor pe suprafața sitei, diferențierea granulometrică, modul de curățire a sitei, etc. Ca urmare a acestor factori, la stabilirea unei scheme de cernere trebuie să se țină cont de toți parametrii care influențează capacitatea de lucru a sitei.

Transformarea boabelor de grâu în făină se face prin mai multe faze tehnologice care se numesc dislocare, șrotuire, sortare și curățirea grișurilor, desfacerea grișurilor și măcinarea (fig. 15.2), la fiecare fază obținându-se o anumită cantitate de făină.

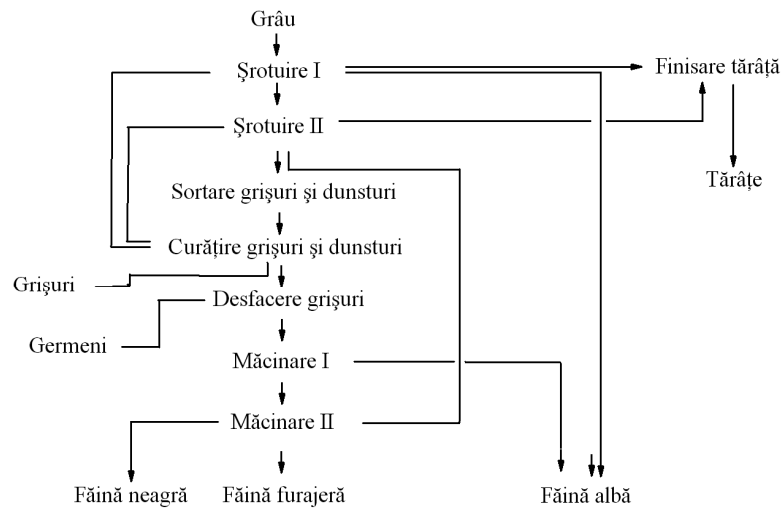


Fig. 15.2. Schema de principiu la măcinarea grâului

Șrotuirea sau zdrobirea realizează o fragmentare a boabelor de grâu în particule de diverse dimensiuni și detașarea sub formă de tărâțe a celei mai mari părți din coajă. Fiecare treaptă de șrotuire este formată din una sau mai multe perechi de tăvălugi, respectiv unul sau mai multe compartimente de site.

Din amestecul de produse rezultat la șrotuire se separă la primele trei trepte șroturi (mare și mic), grișuri (mare, mijlociu și mic), dunsturi și făină, la treptele patru și cinci șroturi până la stadiul de tărâțe, grișuri, dunsturi și făină de calitate inferioară, iar la ultima treaptă se obține făină inferioară, tărâțe măruntă și tărâțe obișnuită.

Numărul de șrotuiri se stabilește în funcție de gradul de extracție și sortimentele de făină ce urmează a se obține, diagramele morilor de capacitate medie și mare fiind prevăzute cu 6-7 trepte de șrotuire (fig. 15.3).

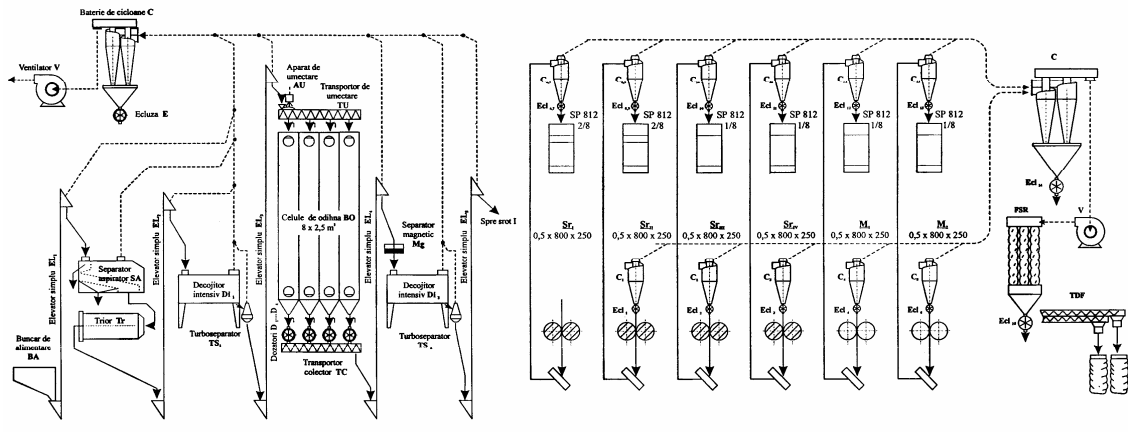


Fig. 15.3. Fluxul tehnologic într-o moară de grâu de capacitate medie

Sortarea și curățirea grișurilor. Grișurile mari separate la primele trepte de șrotuire sunt trimise la operațiile sortat și curățat, pentru aceasta folosindu-se mașini speciale pentru griș. Pe lângă curățire, se realizează o accentuare a fracționării grișurilor după granulație, această fază tehnologică fiind importantă întrucât aceste grișuri constituie materia primă pentru făinurile de calitate superioară.

Cu toate că au fost sortate în două etape anterioare, grișurile de la șrotuire mai conțin particule de făină și tărâțe, fiind necesară separarea și dirijarea lor conform schemei de măcinare. Concomitent cu aceasta se execută și o împărțire a grișurilor pe grupe de granulație cu limite mai restrânse. Grișurile mijlocii și mici sunt trimise la sortat la un compartiment cu site plane, acestea conținând o cantitate mai mare de făină. Același tratament se aplică și dunsturilor la care o parte din fracții intră în categoria făinii.

Desfacerea grișurilor este faza tehnologică prin care se realizează micșorarea granulelor grișului mare și desfacerea fragmentelor de coajă pe care de obicei le conțin. Ca efect secundar se realizează și dislocarea în cea mai mare parte a germeilor. Operația de desfacere se realizează printr-o acțiune ușoară a tăvălugilor (de regulă cu suprafață netedă) asupra granulelor, rezultând un amestec de grișuri noi, germeni, coji și făină, fracții care se separă prin cernere.

Măcinarea grișurilor și a dunsturilor. Grișurile rezultate de la șrotuire și pregătite prin sortare, curățire și desfacere, sunt transformate treptat prin măcinare în făină, numărul treptelor de măcinare la morile de capacitate medie și mare fiind de 8-10.

În faza tehnologică de măcinare se obține circa 70-75 % din totalul făinii extrase, procentul fiind dependent de calitatea produselor supuse măcinării și de felul în care este condus regimul de lucru. Făinurile rezultate la diverse compartimente de cernere diferă calitativ și cantitativ, astfel că pentru a obține făina ca produs finit se face amestecarea lor în diferite proporții. De regulă, un tip sau sort de făină se alcătuiește din aceleași făinuri colectate de la compartimentele de cernere.

Ca principale sortimente de făină se pot menționa: făină de grâu pentru panificație (SR 877-96), făină de grâu graham tip 1750 și dietetică (SP 957-95), făină de grâu neagră tip 1250 și 1350 (SP 2498-95), făină de grâu semialbă tip 800 și 900 (SP 3128-95) și făină albă de grâu tip 480, 000, 550 și 650 (SP 3127-95). Tipul făinii reprezintă conținutul de cenușă (substanțe minerale) exprimat în procente la substanța uscată (este cuprins între 0,48 % la făina albă tip 480 și 1,75 % la făina tip 1750, ajungând chiar la 2,20 în cazul făinii dietetice).

Controlul calității operației de măcinare se face cu ajutorul gradului de extracție, reprezentând randamentul în făină determinat în raport cu masa cerealelor. Dacă gradul de

extracție este mai mic de 70 % înseamnă că o anumită cantitate de miez rămâne în tărâțe sub formă aderentă.

Făina rezultată de la măcinare trebuie depozitată în condiții corespunzătoare de temperatură și umiditate, caracteristicile termofizice ale făinii fiind foarte importante la stabilirea parametrilor fizici, în mod deosebit umiditatea de echilibru în funcție de umiditatea relativă a aerului.

Depozitarea făinii se poate face în vrac sau ambalată în saci, în spații speciale din depozitele morii sau la beneficiari, timpul de păstrare înainte de folosirea în procesul de fabricație fiind de 20-25 de zile, necesare procesului de maturare a făinii.

Pentru obținerea mălaiului boabele de porumb trebuie să aibă granulația necesară, structură sticloasă, rezistență la măcinare și să producă un procent cât mai mic de făină.

În afară de pregătirea boabelor în urma unor operații de sortare, curățire, și separare a impurităților, boabele de porumb se pot supune și unei degerminări prin care se detașează embrionul de bob, pentru aceasta fiind utilizate utilaje speciale.

Degerminarea se realizează prin spargerea boabelor în două trepte, în aparate prevăzute cu tobă metalică și rotor cu palete. De la prima treaptă de degerminare amestecul de boabe întregi, spărtură, germeni eliberați și deteriorați, grișuri și făină, este trecut la un compartiment cu site unde se face separarea pe fracții. Primul refuz este supus celei de-a doua trepte de degerminare, amestecul rezultat fiind trecut la un al doilea compartiment de site.

Utilajele din schema tehnologică de degerminare realizează o operație ce contribuie la obținerea ca produse finite germenii, respectiv spărtură de porumb ca materie primă pentru măcinare. Calitatea operației de degerminare este apreciată prin conținutul de boabe întregi rămase în masa de spărtură, cantitatea de germeni neseperați din masa de spărtură și procentul de mălai furajer din aceasta. În mod normal după a doua treaptă de degerminare procentul de boabe întregi nu trebuie să depășească 2-3 %, spărturi ce germenii nedetașat 4 %, iar procentul de mălai furajer 4-5 %.

Schemele de măcinare a porumbului pot fi de la simple (trecerea printr-o pereche de valțuri și separarea făinii de tărâțe) la complexe (se folosesc mai multe pasaje de mărunțire, cu obținerea mai multor sorturi de produse finite).

Măcinarea este procesul de mărunțire prin care spărturile de porumb se transformă în mălai, fiind alcătuit din cele două operații: măcinare și cernere. Măcinarea propriu-zisă constă în 3-5 trepte de șrotuire a spărturilor de porumb, în urma cărora se îndepărtează resturile de înveliș, se recuperează germenii nedetașați și se obține mălaiul cu granulația dorită.

Cernerea amestecurilor de produse rezultate la mărunțire se face pe site plane, după scheme tehnologice asemănătoare cu cele de la șrotuirea grâului. Frațiile obținute la cernere sunt dirijate spre noi prelucrări, iar cele ce corespund sub aspectul granulației se amestecă formând sortimentele de mălai extra sau grișat (10-15 %), superior sau calitatea I-a (60-65 %) și mălai calitatea a II-a (85-90 %). Gradul de extracție din porumbul degerminat este de aproximativ 75 %.

În afara celor două principale categorii de făinuri obținute în industria morăritului, pentru obținerea unor produse de panificație cu însușiri nutritive și organoleptice speciale se utilizează și alte materii prime precum făina de secară, făina de cartofi sau făina de orez.

Secara este supusă curățirii și condiționării după o schemă tehnologică similară grâului, în urma măcinării fiind obținut un sortiment de făină tip 1200, cu un grad de extracție de 75 %.

Orezul folosit pentru măcinare este supus unor operații pregătitoare de curățire și separare de impurități, descojire cu eliminarea plevei, șlefuire și polisare pe mașini speciale cu eliminarea impurităților de pe suprafața boabelor. Măcinarea se realizează după scheme asemănătoare grâului, cu obținerea de sortimente de diverse granulații (de la crupe la făină).

Făina de cartofi se obține prin măcinarea cartofilor spălați, curățați de coajă, tăiați și uscați, făina de cartof având o contribuție importantă la ridicarea valorii nutritive a produselor de panificație.

15.2. Tehnologia produselor de panificație

Pentru prepararea aluaturilor și a cremelor se folosesc materii prime și auxiliare ale căror proprietăți fizico-chimice sunt importante în procesul tehnologic de fabricație.

Făina de grâu este materia primă de bază care se utilizează la fabricarea produselor de panificație. De regulă se folosește făina albă de grâu, iar la unele sortimente și făină semialbă, neagră sau graham.

Compoziția chimică a făinii depinde de calitatea grâului din care provine, tehnologia de măcinare, respectiv gradul de extracție. Dintre compușii chimici substanțele proteice (albuminele, globulinele, gliadinele și gluteninele), în special cele insolubile au o importanță tehnologică deosebită. Ele au proprietatea de a absorbi o cantitate mare de apă în timpul preparării aluatului, astfel încât gliadina și glutenina formează în anumite condiții o masă elasto-vâscoasă numită gluten.

Cantitatea și calitatea glutenului sunt proprietățile cele mai importante ale făinii, în raport cu care se stabilește rețeta și procesul tehnologic de fabricație. Pentru stabilirea calității glutenului se folosesc mai mulți indicatori: glutenul umed (se obține prin formarea unui aluat și spălarea sa cu apă pentru îndepărtarea amidonului), indicele glutenic (reprezintă puterea glutenului de a se menține în timpul prelucrării aluatului), indicele de deformare (este capacitatea glutenului de a se deforma după 60 de minute la temperatura de 30 °C) și glutenul uscat. În funcție de fiecare indice calitativ se poate face o clasificare a făinurilor.

Calitatea făinii de grâu mai este determinată și de alți parametri precum culoare, miros, gust, finețe, umiditate și aciditate, iar din punct de vedere al gradului de panificație, de capacitatea de hidratare a făinii, capacitatea de a forma aluaturi deschise la culoare, aluat care să gelatinizeze amidonul, să formeze și să rețină gaze.

În funcție de indicii calitativi ai făinii de grâu se poate stabili destinația acesteia după cum urmează:

- pentru pâine și produse de panificație se folosește făina cu 26-30 % gluten umed, indicele glutenic cuprins între 20-40 și 5-9 mm indicele de deformare;
- pentru pastele făinoase se folosește făina grișată cu granulația de 350-530 microni, cu conținut în substanțe minerale de 0,350-0,550 % și 30-40 % gluten umed de calitate bună și foarte bună;
- pentru biscuiți și pesmeți se folosește făină de extracție cu un conținut în substanțe minerale de 0,550-0,900 % (de la făină albă și până la făină semialbă);
- pentru produse de patiserie și foietaje se folosește o făină cu 27-35 % gluten umed, indicele glutenic de 28-40 % și indicele de deformare de 5-8 mm.

Înainte de a se folosi în procesul de fabricație, dacă nu s-a procedat după măcinare, făina este supusă unei maturări pe durate diferențiate în funcție de destinație: pentru făina folosită la fabricarea pâinii și a produselor de panificație, minim 15 zile pentru făina neagră, 20 de zile pentru făina semialbă și 30 de zile pentru făina albă, minim 35-40 de zile pentru făina folosită la fabricarea pastelor făinoase și 20-25 de zile pentru făina folosită la fabricarea biscuiților.

Apa utilizată în procesul de fabricație a aluaturilor trebuie să corespundă caracteristicilor apei potabile. Sărurile din apă pot modifica puterea făinii astfel: apa dură și foarte dură (între 13-30 °Ge) influențează favorabil calitatea aluatului prin întărirea și îmbunătățirea elasticității, în timp de apa moale și semidură (între 5-12 °Ge) determină obținerea unor aluaturi mai puțin elastice și sfărâmicioase. Dacă apa nu are duritatea necesară, aceasta se corectează în sensul creșterii ei prin adăugare de apă de var.

Grăsimile alimentare imprimă aluatului o mai mare plasticitate, rezultând produse fragede cu miez pufos, respectiv cu valoare nutritivă și durată de păstrare mai mare. În industria de panificație se folosesc atât grăsimi animale precum unt, untură de porc sau seu, cât mai ales grăsimi vegetale precum ulei rafinat sau nerafinat de floarea-soarelui, soia, rapiță și dovleac, margarină, grăsimi compoundate.

Pentru prepararea cremelor sunt necesare grăsimi solide cu punctul de alunecare mai mare de 38-40 °C, iar pentru aluaturi fragede și foietaje grăsimi cu punct de alunecare de 36-38 °C.

Substanțele de îndulcire, se folosesc la majoritatea produselor de panificație și contribuie la ridicarea valorii nutritive, imprimând totodată acestora gust și aromă specifică. Îndulcitorii se prezintă sub formă solidă reprezentați de zahăr și glucoza solidă, respectiv sub formă lichidă, categorie din care fac parte mierea de albine, glucoza lichidă și extractul de malț.

Laptele și produsele lactate, prin conținutul lor în glucide, lipide, protide și substanțe minerale contribuie semnificativ la creșterea valorii nutritive a produselor, precum și la îmbunătățirea însușirilor organoleptice. Produsele lactate se folosesc sub diverse forme: produse lactate lichide (lapte, zer, zară, smântână dulce sau fermentată), produse lactate uscate (lapte praf, zer praf, zară praf), brânzeturi fermentate, frământate, opărite sau proaspete, unele preparate solide combinate din lapte (zerpan, cicolact, unilact, etc.)

Ouăle. În industria de panificație se folosesc doar ouăle de găină ce se prezintă ca atare, ca melanj de ouă (din ou întreg, din albuș, din gălbenuș) sau pulbere de ouă (praf de albuș, praf de gălbenuș, praf de ou întreg).

Produse din carne. Carnea se folosește în special la fabricarea produselor de patiserie sub formă proaspătă, iar extractul de carne, făina de carne și făina de pește sunt utilizate la fabricarea unor sortimente de paste făinoase.

Alte tipuri de făină. În afara făinii de grâu, la unele produse se folosesc și alte tipuri sau sortimente de făinuri obișnuite sau cu caracteristici speciale, cele mai întâlnite fiind:

- făina din germeni de grâu → numit și biovit, este un produs bogat în vitaminele B și E, proteine, săruri minerale, fiind folosită la obținerea unor produse de panificație, patiserie și plăcintărie;

- făina de porumb → este bogată în amidon și se folosește la fabricarea unor sortimente de patiserie și panificație;

- făina de cartofi → prin conținutul bogat în amidon se folosește ca adus la unele tipuri de pâine și produse de panificație;

- făina de orez → se folosește la fabricarea produselor de panificație, biscuiți și produse zaharoase, contribuie la creșterea puterii calorice și conferă aspectul rumen, crocant,

- făina de soia → este cel mai bogat produs în proteine și substanțe minerale fiind folosit la fabricarea unor sortimente de paste făinoase, biscuiți și produse de panificație;

- făină proteică → se obține din germeni de porumb degresați sau nedegresați, prin măcinare după uscarea și prăjirea acestora, fiind bogată în proteine, săruri minerale și grăsimi vegetale.

Substanțe pentru gust și aromă. Din această categorie fac parte sarea comestibilă folosită la toate produsele de panificație, excepție făcând pastele făinoase, vanilia, etylvanilina, scorțișoara, cuișoarele, chimenul, arome și esențe naturale sub formă de uleiuri eterice (din citrice, migdale, trandafir, etc.), esențe alimentare sintetice.

Substanțe pentru scopuri tehnologice. În industria de panificație se folosesc o serie de substanțe care contribuie la îmbunătățirea condițiilor de desfășurare a unor faze din procesul tehnologic, ele putând fi grupate pe mai multe categorii.

Afânători biochimici. Afânarea biochimică se bazează pe activitatea drojdiilor care, în urma fermentației alcoolice degajă bioxid de carbon, producând afânarea aluatului. Pentru aceasta se folosește drojdia de panificație comprimată și drojdia uscată (din familia *Saccharomyces cerevisiae*), produse obținute prin înmulțirea celulelor de drojdie selecționată și separarea lor de mediul de cultură.

Afânători chimici. Afânarea aluatului pe cale chimică se obține cu ajutorul unor substanțe care, introduse în aluat, sub acțiunea căldurii dau reacții cu formare de bioxid de carbon și amoniac. Afânătorii chimici sunt reprezentați de produse tip acido-alcalini (praf de copt) sau alcalini (bicarbonatul de sodiu, carbonatul de magneziu).

Acizii alimentari, sunt substanțe cu rol de amelioratori ai însușirilor de panificație ale făinii, prin adăugarea cărora se obține o decolorare a aluatului. Cei mai folosiți acizi alimentari în industria de panificație sunt acidul tartric, acidul citric, acidul ascorbic și acidul lactic.

În afara celor prezentate, în industria de panificație se mai folosesc gluten vital (adăugat la făinurile sărace în proteine și făină integrală), semințele unor culturi prăjite sau nu în prealabil (susan, mac, floarea-soarelui, dovleac, in, etc.), presărate la exterior sau înglobate în aluat, conservanți pentru combaterea mucegăirii și a bolii mezentericus (acetați, propionați, sorbați).

Toate materiile prime și auxiliare, înainte de a se folosi în procesul de fabricație, sunt supuse unor operații specifice de recepție calitativă și cantitativă, urmare de o prelucrare preliminară prin mărunțire, măcinare, dizolvare, amestecare, topire, caracteristic fiecăruia.

15.2.1. Tehnologia de fabricare a pâinii și a produselor de franzelărie

Cu pondere foarte mare în consumul uman, produsele de franzelărie se fabrică într-o gamă variată de sortimente, aici fiind incluse pâinea rotundă (albă, neagră, dietetică, graham), pâine albă tip franzelă, împlețiți suprapuși, colaci, cornuri, covrigi, chifle, batoane, lipie, etc.

Pâinea este principalul produs de panificație și se obține, de regulă, după schema tehnologică din figura 15.4. În practică, pentru fabricarea pâinii se folosesc două variante tehnologice:

- procedeul monofazic sau direct: constă în amestecarea tuturor componentelor din rețetă și frământarea pâinii la obținerea unui aluat de consistență dorită;
- procedeul indirect: poate fi bifazic (se pregătește în prealabil o maia fermentată din făină, apă și toată drojdia, în faza a doua fiind adăugate peste maia și restul de materiale, după care se frământă aluatul) sau trifazic (se pregătește o porție de aluat frământat, maiaua și în final aluatul).

Metoda directă duce la obținerea unui aluat cu gust și aromă insuficiente, miezul rezultat este sfărâmicos și se învechește repede, consum mare de drojdie.

Metoda bifazică este cea mai des utilizată în practică deoarece se aplică la făinurile superioare calitativ, caracteristicile aluatului și implicit ale produsului finit fiind superioare, durata de păstrare mai mare și caracteristici organoleptice corespunzătoare.

Metoda trifazică este folosită cu precădere la prelucrarea unor făinuri cu grad de extracție mare, făinuri slabe calitativ sau chiar degradate.

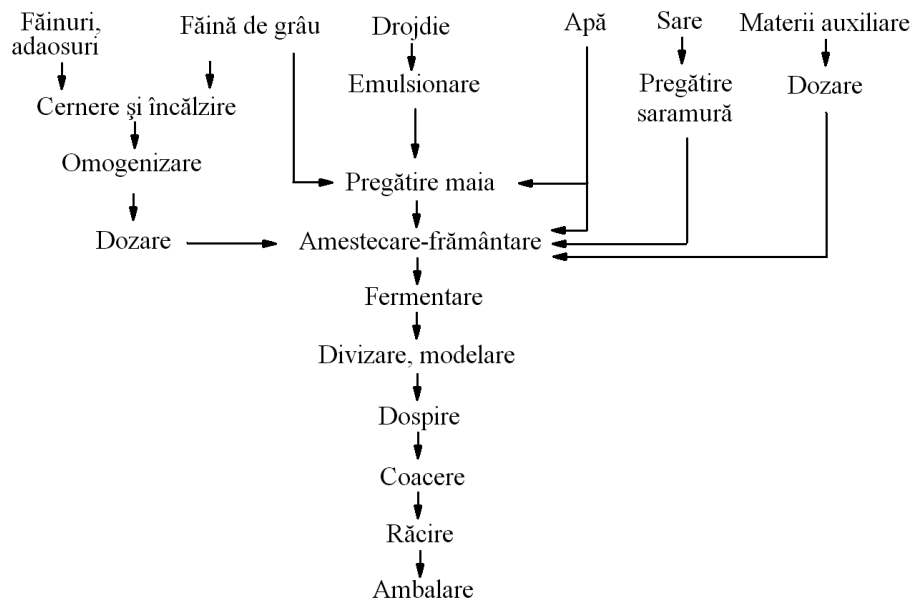


Fig. 15.4. Schema tehnologică de fabricare a pâinii prin procedeul bifazic

Pregătirea maieiei constă în amestecarea drojdiei cu apă și a unei părți din făina de grâu și fermentarea amestecului, proporția componentelor fiind dependentă de calitatea făinii de grâu folosite. Felul în care se conduce modul de obținere a maieiei (consistență, temperatură, durata de fermentare) determină calitatea pâinii. În funcție de consistență, maieiele pot fi fluide (65-75 % umiditate, 80-82 % din apa necesară, 30-40 % din făină, 0,7-1,0 % sare, 3-4 ore fermentare la 27-29 °C), respectiv consistente (41-45 % umiditate, 30-60 % din făină, 90-180 minute fermentare la 25-29 °C).

Pregătirea aluatului conține de fapt două etape: amestecarea și frământarea propriu-zisă.

În prima fază se face amestecarea maieiei cu restul făinuri, adaosuri, apă sare și materiale auxiliare, conform rețetei de fabricație. Amestecarea durează 4-5 minute la o viteză scăzută a organelor active de lucru, timp în care particulele de făină adsorb apa mărindu-și volumul, adsorbția fiind însoțită de o încălzire ușoară a amestecului.

Pe măsură ce se formează aglomerări de făină umede, prin amestecare acestea se unesc și formează treptat o masă omogenă, amestecarea trecând treptat în frământare propriu-zisă, viteza de lucru a organelor active crescând. În perioada frământării se formează glutenul care absoarbe o mare cantitate de apă. Aluatul devine mai plastic, nelipicios și uscat la pipăit, moment în care frământarea este considerată încheiată. Durata de frământare este mai mare decât la amestecare și este cuprinsă între 8-12 minute, în funcție de calitatea făinii.

Fermentarea aluatului este determinată de enzimele din drojdie. Astfel, sub acțiunea zimazei zaharurile din făină sunt transformate în bioxid de carbon și alcool, procesul fiind pus în evidență prin aceea că volumul aluatului crește, consistența lui se micșorează și devine mai buretos. Gazele și aromele rezultate din activitatea drojdiilor contribuie la buna fermentare a aluatului.

În paralel cu fermentația alcoolică produsă de drojzii, mai are loc și o fermentație lactică ca urmare a prezenței bacteriilor lactice prezente în făină, mărinind aciditatea aluatului.

Durata de fermentare a aluatului depinde de mai mulți factori precum cantitatea de drojdie, tehnologia de fabricare a aluatului, temperatură. Dacă fermentarea se face în camere termostatare, atunci timpul de fermentare este de 10-20 minute la temperatura de 28-30 °C și umiditatea relativă a aerului de 75-80 %.

Divizarea și modelarea aluatului au ca scop obținerea unei forme și greutate caracteristice fiecărui sortiment fabricat, pentru aceasta fiind folosite mașini specializate.

Dospirea aluatului sau fermentarea finală constă în definitivarea fermentării aluatului și înglobarea de noi gaze, cele formate fiind eliminate în urma modelării. Aluatul dospit are un volum mărit în funcție de capacitatea de reținere a gazelor și care depinde de caracteristicile reologice ale acestuia, iar în final de calitatea făinii de grâu folosită.

Regimul de lucru la dospire depinde de tipul sortimentului fabricat, de calitatea materiei prime folosite și variază între 20-90 de minute, regimul optim fiind caracterizat printr-o temperatură de 30-35 °C și 70-80 % umiditate relativă a aerului.

Coacerea aluatului urmărește transformarea componentelor aluatului, cu deosebire a amidonului și proteinelor în substanțe mai ușor asimilabile de către organism, imprimarea gustului și aromei specifice pâinii.

Transformările care au loc în aluat depind de temperatura acestuia, astfel că în primele minute aluatul atingând o temperatură de circa 50 °C determină o activitate intensă a drojdiilor și enzimelor, fapt ce produce o fermentare violentă. Drojdiile mor la 55-60 °C în timp ce enzimele își continuă activitatea până la circa 80 °C, transformând amidonul în zaharuri fermentabile. La temperatura de 120 °C în aluat începe formarea dextrinelor și caramelizarea zaharurilor, în final fiind obținute produsele de prăjire.

Operația de coacere a pâinii se realizează în cuptoare cu vatră, cuptoare cu abur, cuptoare electrice sau cuptoare cu funcționare continuă de tipul tunel cu bandă. Regimul de coacere este caracterizat printr-o temperatură de 240-280 °C, durata fiind caracteristică fiecărui sortiment fabricat sub aspectul formei și a masei acestuia, variind între 10 minute la chifle și 65 de minute la pâinea semialbă de 2 kg, pierderile în greutate la coacere fiind de 8-18 %.

Răcirea pâinii. La ieșirea din cuptor coaja pâinii are temperatura de 140-160 °C, în timp ce miezul doar 90 °C, de aceea este necesară răcirea ei la valori la care poate fi manipulată pentru ambalare și expediere. Operația de răcire se execută lent pentru a nu afecta calitatea pâinii, în camere sau tunele de răcire, pierderile în greutate fiind de 0,5-0,8 %.

În practica industrială se folosesc și alte metode de fabricare a pâinii și care urmăresc scurtarea duratei de fabricație, creșterea calității produselor, mecanizarea și automatizarea fluxului de fabricație. Între acestea se pot aminti: metoda de fabricare cu frământarea rapidă și intensivă a aluatului, metoda de fabricare cu semifabricate fluide, metoda cu culturi starter de microorganisme, metoda de fabricare cu semifabricate refrigerate și congelate, metoda de fabricare a pâinii precoapte.

15.2.2. Tehnologia de fabricare a pastelor făinoase

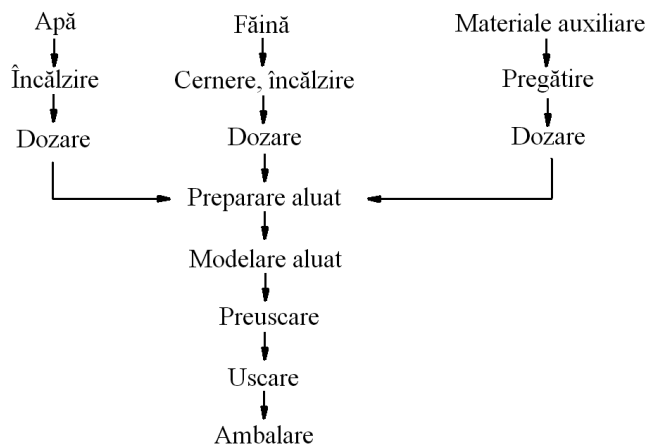
Pastele făinoase sunt produse alimentare obținute din făină de grâu și apă, cu sau fără adaos de ouă, pastă de tomate, lapte sau alte materii auxiliare, după schema tehnologică din figura 15.5.

Pastele făinoase se fabrică într-un sortiment variat atât ca formă, cât și din punct de vedere al compoziției, clasificându-se astfel:

- după forma de prezentare: paste făinoase lungi (spaghete, macaroane, lazane), paste făinoase medii (fidea, tăiței) și paste făinoase scurte (steluțe, melci, scoici, alte forme);
- după compoziție: paste făinoase simple, paste făinoase cu ouă, paste făinoase cu adaosuri, paste făinoase din alte făinuri (porumb, orez, mazăre) și paste făinoase cu umplutură (carne, brânzeturi, legume, fructe).

Prepararea aluatului. Aluatul destinat fabricării pastelor făinoase este cel mai simplu, fiind format din făină și apă, adaosurile reprezentând maxim 10 % față de făină și având o influență redusă asupra caracterului aluatului.

Pentru fabricarea pastelor făinoase se prepară un aluat tare, de consistență legată. Pentru aceasta amidonul din făină se hidratează în proporție de 75-80 % cu apă puțină, fără a-și modifica forma și structura. Întrucât el gelatinizează la temperaturi mai mari de 60 °C, rolul de



liant este luat de către glutenul format din substanțe proteice și într-o mai mică măsură de substanțele grase din făină. Din acest motiv făina folosită la prepararea aluatului de paste făinoase trebuie să aibă minim 36 % gluten umed și peste 12 % gluten uscat.

Caracteristicile aluatului sunt determinate de regimul tehnologic aplicat, reprezentat de:

Fig. 15.5. Schema tehnologică de fabricare a pastelor făinoase

- umiditatea aluatului → variază între 28-36 %, cu mult sub capacitatea de hidratare a făinii, cantitatea de apă adăugată stabilindu-se în funcție de cantitatea și calitatea glutenului, granulația și umiditatea făinii, respectiv de sortimentul fabricat;

- temperatura aluatului → determină în mare măsură proprietățile plastice, influențând formarea peliculelor glutinoase și legarea amidonului; temperatura la care plasticitatea aluatului are valoarea optimă este cuprinsă între 35-45 °C, în afara acestui interval apărând unele dezavantaje;

- durata și intensitatea frământării → se stabilește prin regimul tehnologic de fabricare și are valori de circa 15-20 de minute, în raport cu calitatea făinii, consistența și temperatura aluatului;

- granulația făinii → făina grișată este cea care determină formarea aluatului compact, bine legat, plastic, din care se obțin paste făinoase de calitate superioară, rezistente, sticloase, cu suprafața netedă; granulozitatea optimă a făinii este de 250-400 μ .

Făina, apa și materiile auxiliare se pregătesc corespunzător și se dozează conform rețetei în vasul de amestecare, prepararea aluatului fiind alcătuită din frământarea și compactizarea acestuia. Durata de frământare depinde de calitatea făinii, de temperatura și consistența finală a aluatului, variind între 15-25 minute la presiunea atmosferică și între 10-15 minute la frământarea în aparate cu vid. Compactarea aluatului se face prin vâlțuire sau presare și are ca scop eliminarea aerului, aglomerarea și lipirea particulelor, rezultând un aluat elasto-plastic compact, apt pentru a fi supus modelării. Pentru a-i conferi aluatului aceste însușiri elasto-plactice, cu efect asupra calității pastelor obținute, este necesar a se respecta regimul termic și hidric optim pentru aluat, regim dependent de calitatea făinii folosite la fabricație.

Modelarea aluatului are ca scop principal asigurarea formei specifice fiecărui sortiment de paste făinoase. Pe lângă formă, care trebuie să fie uniformă la toată masa de produse finite, modelarea asigură pastelor făinoase aspectul exterior lucios și structură omogenă în secțiune.

Pentru modelarea pastelor făinoase se pot folosi mai multe metode care țin cont de forma și structura acestora:

- modelarea prin trefilare → constă în trecerea sub presiune a aluatului prin orificiile matrițelor (similar cu obținerea sârmelor metalice), fiind cea mai folosită metodă;
- modelarea prin ștanțare → se decupează bucăți de aluat în diverse forme, dintr-o foaie de aluat de o anumită grosime (aluatul este laminat între valțuri înainte de ștanțare);
- modelarea prin tăiere → se taie fâșii de o anumită lungime dintr-o foaie de aluat cu grosime determinată.

Modelarea pastelor făinoase se realizează pe mașini de modelat care lucrează cu vid de 550-700 mm Hg, pentru eliminarea totală a aerului din aluat, regimul de lucru al prezelor depinde de calitatea făinii, umiditatea aluatului, presiunea și viteza de presare. Pentru a obține paste făinoase de calitate temperatura aluatului trebuie să fie cuprinsă între 40-45 °C, umiditatea de 29-31 %, presiunea de lucru între 6,5-15 MPa (în funcție de raportul dintre suprafața utilă și cea totală), iar viteza de presare de 15-25 mm/s la prezele care lucrează la presiune atmosferică, respectiv 15-35 mm/s și în unele cazuri chiar până la 100 mm/s, la prezele care lucrează sub vid.

Pentru obținerea pastelor de tip spaghete, macaroane și fidea, viteza de lucru este constantă pe toată secțiunea orificiilor de trefilare. La pastele de tip melci sau scoici, viteza de lucru este neuniformă în secțiunea orificiului, tocmai pentru a imprimă o mișcare de modelare a acestor forme.

La finalul modelării pastele făinoase sunt tăiate la lungimi corespunzătoare sortimentului fabricat, prezele de modelat fiind prevăzute cu cuțite rotative a căror viteză este reglabilă.

Preuscarea pastelor făinoase. Pentru a evita lipirea și deformarea pastelor după modelare, este necesară eliminarea rapidă a unei cantități de apă din pastele modelate. În această fază pastele sunt așezate pe site și benzi transportoare în strat uniform, macaroanele în casete iar spaghetele suspendate pe vergele. Preuscarea realizează eliminarea unui procent de apă cuprins între 25-40 % pe durata a 20-60 minute, pentru aceasta fiind folosit aer cu umiditatea relativă de 65-75 % și temperatura de 50-65 °C.

Operația trebuie astfel condusă încât la finalul ei pastele să aibă o umiditate de 18-20 %, să se întărească suficient, să nu se deformeze sau să se lipească între ele. Trebuie realizat un regim de uscare în care să se obțină un echilibru între difuzia internă și difuzia externă a apei din aluat.

Uscarea pastelor făinoase. Faza de uscare a pastelor făinoase asigură acele însușiri calitative ale produsului finit precum rezistență la rupere, menținerea formei modelate, suprafață lucioasă și netedă, culoare uniformă. De asemenea, pastele făinoase după uscare nu mai crapă, se

rup greu și nu se mai fărâmițează. Uscarea presupune scăderea umidității pastelor sub valori de 11-13 %, la care se pot păstra o perioadă îndelungată de timp, cu menținerea calităților nutritive, culoare, formă și aspect.

Uscarea pastelor făinoase se realizează cu aer cald și pe durate mari de timp, pentru a echilibra cele două viteze de difuziune a apei. Instalațiile tehnologice de uscare a pastelor făinoase au diverse regimuri de lucru și care în mare se pot grupa astfel:

- instalații de uscare continuă, cu creșterea progresivă a capacității de uscare a aerului utilizat;
- instalații de uscare continuă la capacitate constantă de uscare a aerului folosit;
- instalații de uscare cu regim intermitent, la care pastele sunt supuse alternativ unor faze de uscare cu faze de repaus în vederea echilibrării și uniformizării umidității pastelor.

În instalațiile moderne se realizează uscarea pastelor făinoase la temperaturi înalte de 60-75 °C, când se scurtează timpul de uscare, simultan cu îmbunătățirea calității pastelor și uscarea pastelor la temperaturi foarte înalte de 80-120 °C, când se obțin paste superioare din punct de vedere calitativ și cu o încărcătură microbiologică mult diminuată. Pentru aceste două metode sunt necesare debite mari de aer la umidități relative mari, practic uscarea fiind realizată la gradienti mici de umiditate.

Durata uscării depinde de regimul termic folosit și este determinat de temperatura și umiditatea relativă a aerului. Pentru instalațiile cu uscare continuă cu aer cald, temperatura acestuia este cuprinsă între 35-45 °C și umiditatea relativă de 65-85 %, timpul de uscare variind între 24-36 de ore, în funcție de sortimentul fabricat. La instalațiile de uscare cu aer la temperaturi înalte și foarte înalte umiditatea relativă a aerului este cuprinsă între 75-90 %, viteza de circulație mare, fapt ce determină o durată de uscare de 3-8 ore.

La finalul operației de uscare pastele făinoase se supun timp de 7-10 ore unei așa numite stabilizări și care urmărește uniformizarea umidității în întreaga masă a produsului.

Ambalarea pastelor făinoase se realizează manual (în lăzi de lemn căptușite cu hârtie, cutii din carton ondulat, pungi din hârtie, pungi din polietilenă) sau mecanic (în cutii din carton, folie din polietilenă termosudabilă, celofan termosudabil, hârtie pergaminată). După ambalare pastele sunt depozitate în spații cu umiditate redusă și temperaturi sub 20 °C.

15.2.3. Tehnologia de fabricare a biscuiților

Biscuiții sunt produse de panificație a căror valoare alimentară este determinată de materiile prime folosite la fabricarea lor. Se obțin prin coacerea formelor rezultate din modelarea dintr-un aluat dens, întins sub formă de foaie, care are în compoziție făină de grâu, grăsimi, zahăr, sare, afânători, arome și esențe, etc.

Varietatea sortimentelor de biscuiți fabricare în momentul de față se poate grupa, în funcție de tehnologia folosită, respectiv conținutul în zahăr și grăsimi astfel:

- biscuiți glutenoși, cu conținutul în zahăr de maxim 20 % și în grăsimi de maxim 12 %;
- biscuiți zaharoși, cu conținutul în zahăr de minim 20 % și în grăsimi de maxim 5-6 %;
- biscuiți crekers, cu conținutul în grăsimi de 22-28 % și în zahăr de maxim 5-6 %;
- biscuiți umpluți, rezultați prin umplerea cu creme a biscuiților glutenoși sau zaharoși;
- biscuiți glazați (anrobați), obținuți prin acoperirea biscuiților glutenoși sau zaharoși cu diverse glazuri.

Principalele operații ale procesului tehnologic de fabricație (fig. 15.6) sunt: pregătirea materiilor prime și auxiliare, pregătirea aluatului, modelarea, coacerea, răcirea, sortarea sau clasarea și ambalarea biscuiților.

Pregătirea materiilor prime și auxiliare constă în recepția cantitativă și calitativă, urmată, după caz, de cernere, mărunțire, dizolvare, filtrare, lichefiere, diluare iar în final dozarea componentelor conform rețetei de fabricație, operație importantă prin efectele pe care le are asupra calității produselor finite.

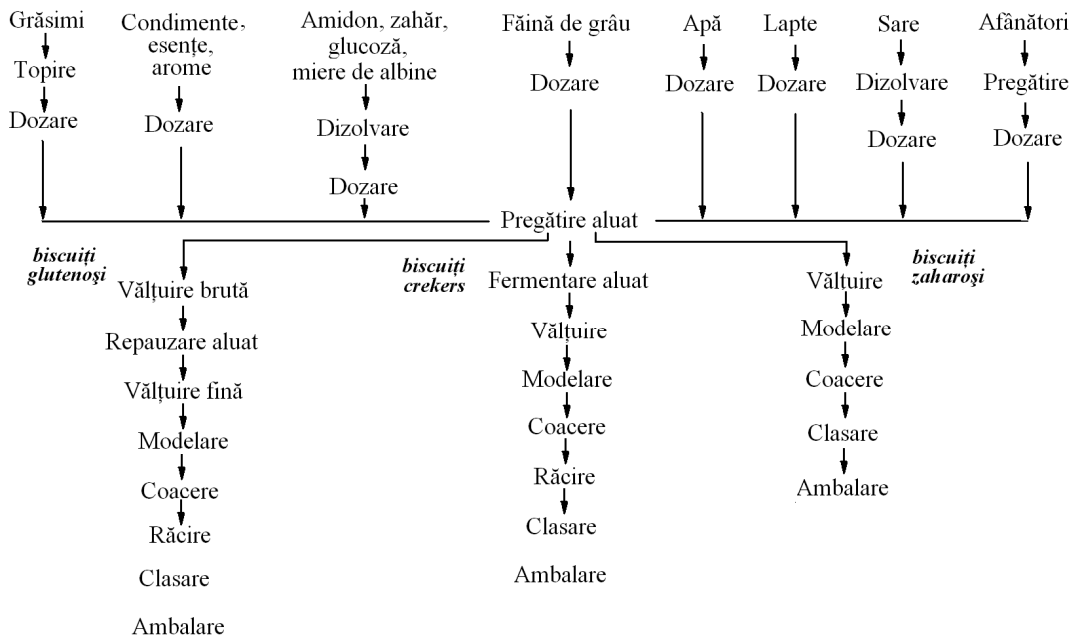


Fig. 15.6. Schema tehnologică de fabricare a biscuiților glutenoși, crekers și zaharoși

Pregătirea aluatului. Aluatul pentru fabricarea biscuiților este caracterizat printr-un număr mare de componente, cu pondere însemnată în raport cu făina de grâu, fapt care-l diferențiază semnificativ de celelalte tipuri de aluat. De aceea se procedează mai întâi la formarea unor preamestecuri de materiale și apoi a amestecului final care este aluatul.

Pregătirea aluatului constă în amestecarea componentelor cu ajutorul unor malaxoare prevăzute cu brațe puternice de frământare și omogenizarea lor în toată masa de aluat. Formarea acelei structuri glutinoase în acest caz nu mai este atât de importantă ca în cazul preparării aluatului pentru pâine sau paste făinoase.

Caracteristicile aluatului destinat fabricării biscuiților sunt determinate de următorii factori:

- **compoziția aluatului:** depinde de rețeta de fabricație și este cea care imprimă produsului finit caracteristicile specifice;
- **umiditatea aluatului:** este determinată de adaosul de apă și produse lichide, precum și de umiditatea inițială a componentelor aluatului, dar care trebuie să se încadreze între 25-27 % pentru biscuiții glutenoși, 26-29 % pentru biscuiții crekers și 16-19 % pentru biscuiții zaharoși;
- **temperatura aluatului:** are efecte directe asupra însușirilor plastice ale aluatului și se recomandă a avea valori de 28-40 °C pentru biscuiții glutenoși, 19-25 °C pentru biscuiții zaharoși și 20-28 °C (în funcție de durata fermentării) pentru biscuiți crekers.

Modelarea aluatului. Pentru obținerea unor produse având forma și dimensiunile dorite, aluatul este supus operației de modelare care, în funcție de modul de prelucrare, poate fi realizat prin ștanțarea aluatului trecut printre valțuri (biscuiți glutenoși și crekers), presarea aluatului în forme (biscuiți zaharoși) sau trefilarea aluatului (biscuiți sprîțați).

La unele sortimente de biscuiți operația de modelare este urmată fie de o presărare cu zahăr sau sare, fie ungerea bucășilor de aluat modelat cu emulsie de ouă sau sirop de zahăr.

Coacerea este principala operație a fluxului tehnologic de fabricație a biscuiților, de ea depinzând calitatea și durata de conservare a produselor, precum și eficiența economică a producției. Coacerea biscuiților este operația tehnologică în care au loc procese fizico-chimice, coloidale și biochimice, care produc modificări importante aluatului. Prin coacere se asigură o structură stabilă cu rezistență mecanică specifică, se definitivează gustul, aroma și aspectul exterior.

Coacerea biscuiților de face în cuptoare cu bandă în flux continuu, regimul de lucru aplicat fiind caracterizat prin temperaturi de până la 230-245 °C, durata de coacere fiind de 4-9 minute, în funcție de tipul, mărimea și forma biscuiților.

Răcirea biscuiților este necesară deoarece la ieșirea din cuptor aceștia au o temperatură de 100-120 °C și consistență redusă, fiind destul de moi. Pentru a putea fi manipulați fără a se produce deformări sau ruperi, biscuiții sunt răciți în două faze: o răcire rapidă la 70 °C într-un interval de timp de 1-2 minute, urmată de o răcire lentă la temperatura de 35-40 °C, pentru a se evita încrucișarea sau apariția de fisuri în straturile superficiale.

Dacă răcirea lentă se face în tunele cu circulație forțată a aerului atunci timpul de răcire poate fi redus până la 10-15 minute.

Ambalarea biscuiților se execută manual sau mecanic, pentru aceasta fiind folosite lăzi, cutii din carton, punji din materiale plastice, folie termosudabilă, pachete din hârtie.

15.2.4. Tehnologia de fabricare a produselor făinoase afânate

Producția de produse făinoase afânate cunoaște o dezvoltare deosebită prin diversitatea sortimentului fabricat și cererea mare a consumatorilor, aici fiind incluse produsele făinoase afânate chimic (turtă dulce, vafe, napolitane), produse făinoase afânate biochimic și mixt (panetoane, checuri, stiksuri) și produse afânate mecanic (rulade, blaturi, pișcoturi, produse din albuș de ou).

Fabricarea turtei dulci. Materiile prime folosite sunt făina de grâu, zahăr, glucoză, ouă, grăsimi, iar ca afânători bicarbonatul de sodiu și carbonatul de amoniu. Aluatul se prepară în malaxoare cu brațe în care se realizează o frământare energetică, după care este supus unui repaus îndelungat, de regulă la temperaturi scăzute. Prelucrarea aluatului se realizează prin vâlțuire repetată până la obținerea unei foi cu structură și dimensiuni uniforme. Modelarea se face prin tăiere sau cu mașini rotative, fiind urmată de coacerea bucăților de aluat, răcirea turtelor, tăierea, umplerea și glazarea acestora.

Fabricarea vafelor și a napolitanelor. Pentru fabricarea vafelor se folosește făină de grâu, amidon, lapte, zahăr, eventual arome și coloranți, iar ca afânători bicarbonatul de sodiu și carbonatul de amoniu. Aluatul pentru vafe are o consistență foarte scăzută, fiind de fapt un fluid care curge ușor. După pregătire aluatul se toarnă în matrițe, se coace în instalații cu flux continuu, după care foile sunt scoase din forme și, după caz, tăiate sau decupate. Napolitanele sunt produse obținute din foi de vafe care sunt umplute cu diverse creme.

Fabricarea panetoanelor. La fabricarea panetoanelor se folosește făină de grâu de foarte bună calitate, cu conținut în gluten de peste 30 %, zahăr, ouă, margarină, unt, stafide, fructe confitate, esențe naturale. Caracteristic acestor produse este pregătirea unor cuiburi, numite și madre, din făină apă și o cultură specială de drojii și microorganisme. Aluatul pentru cuib are o consistență foarte ridicată, este fermentat la temperatură scăzută și presiune cu creștere progresivă. Folosind o parte din cuib se prepară maielele, prin adăugare de apă și făină, acestea fiind înmulțite periodic și maturate. Cu aceste maiele se prepară aluatul care, după frământare, este trecut la mașinile de divizat și premodelat. După o predospire se face modelarea aluatului sub formă rotundă urmată de așezarea în pirotime (forme cilindrice din hârtie pergaminată sau hârtie tratată) pentru dospirea finală. Coacerea se face în cuptoare timp de 40-60 minute.

Fabricarea grisinelor. Materiile prime pentru fabricarea grisinelor sunt făina de grâu, margarină, extract de malț, lapte praf, zahăr și drojdie comprimată ca afânător. Aluatul pentru grisine are o consistență foarte ridicată, umiditatea lui fiind apropiată de cea a biscuiților crekers. Durata de frământare este scurtă iar temperatura optimă nu trebuie să depășească 70 °C. Prelucrarea aluatului constă în vâlțuire până la obținerea unei foi de grosime determinată și modelarea pe mașini speciale numite grisinatrice. Firele rezultate sunt așezate în tăvi și lăsate un timp pentru dospirea finală, după care sunt trecute la coacere.

Fabricarea checurilor. Checurile se prepară după diverse rețete de fabricație, caracteristica lor principală fiind determinată de consistența scăzută a aluatului pentru astfel de

produse și de coacerea în tăvi de diferite dimensiuni și forme. Frământarea aluatului se realizează cu ajutorul bățătoarelor, durata operației fiind relativ scurtă. Dacă afânarea se face pe cale chimică, afânătorii se adaugă dizolvați în apă spre sfârșitul frământării, iar dacă afânarea se face biochimic, afânătorii se adaugă în timpul frământării. În situația în care afânarea se face pe cale mixtă, atunci afânătorii se adaugă în ultima parte a frământării aluatului. După frământare aluatul este divizat și turnat în tăvi pentru dospirea finală, împreună cu care se introduc în cuptor pentru coacere.

Fabricarea blaturilor și ruladelor. Operația de pregătire a aluatului constă în amestecarea tuturor componentelor sau a unor părți din acestea, urmată de înspumarea puternică a compoziției. Imediat după preparare aluatul este dozat și turnat în tăvi, forme sau pe banda cuptorului. Coacerea se realizează în regim termic moderat, fiind urmată de răcire, umplere cu creme sau paste de fructe, pliere și rulare.

Fabricarea produselor din albuș de ou. Pentru obținerea bezelelor simple sau asortate se folosește albușul de ou. Prepararea compoziției constă în amestecarea și baterea energetică timp îndelungat a albușului de ou cu zahăr tos, spre sfârșitul înspumării fiind adăugate și înglobate uniform în întreaga masă a restului de ingrediente, conform rețetei de fabricație. Compoziția se toarnă cu ajutorul cornetului în tăvi de coacere și care se introduc în cuptor, unde sunt coapte timp îndelungat la temperatură scăzută.

BIBLIOGRAFIE

1. Alexandru R. 1981 - *Operații și utilaje în industria alimentară*. Universitatea din Galați.
2. Amarfi R., ș.a. 1996 - *Procesarea atermică și termică în industria alimentară*. Editura Alma, Galați.
3. Balan O. 1999 - *Materii prime și materiale pentru industria alimentară*. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași.
4. Banu C., ș.a. 1985 - *Îndrumător în tehnologia preparatelor din carne*. Editura Tehnică, București.
5. Banu C., ș.a. 1998 - *Manualul inginerului de industria alimentară. Vol I*. Editura Tehnică București.
6. Banu C., ș.a. 1992 - *Progrese tehnice, tehnologice și științifice în industria alimentară. Vol I*, Editura Tehnică, București.
7. Banu C., ș.a. 2002 - *Manualul inginerului de industrie alimentară. Vol. II*, Editura Tehnică, București.
8. Băcăuanu A. 1997 - *Operații și utilaje în industria chimică și alimentară*. Editura „Gh. Asachi” Iași.
9. Băisan I. 1999 - *Tehnologii în industria alimentară*. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași.
10. Băisan I. 2004 - *Operații și procese în industria alimentară*. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași.
11. Băisan I., C.Panaite. *Tehnologii generale în industria alimentară*. Editura PIM Iași 2013
12. Băisan I., C. Panaite. *Conservarea produselor agroalimentare*. Editura PIM Iași 2015
13. Berk Z. 2008 - *Food Science and Technology*. Academic Press, London
14. Berzescu P., Dumitrescu M. 1981 - *Tehnologia berii și a malțului*. Editura Ceres, București.
15. Bratu E., ș.a. 1985 - *Operații unitare în industria chimică. Vol I și II*, Editura Tehnică București.
16. Brennan J.G. 2006 - *Food Processing Handbook*. Wiley-VCH Publisher.
17. Brennan J.G. 1990 - *Food Engineering Operation*. 3rd edn. Elsevier Applied Science, London.
18. Brown A.C. 2007 - *Understanding Food: Principles and Preparation*. Thomson-Wadsworth Learning Inc. Florida.
19. Boeru Gh., Puzdrea D. 1980 - *Tehnologia uleiurilor vegetale*. Editura Tehnică, București.
20. Cebotărescu I.D., ș.a. 1997 - *Utilaj tehnologic pentru vinificație*. Editura Tehnică, București.
21. Charm S.E. et all. 1978 - *The Fundamentals of Food Engineering*. 3rd edn. AVI Publishing Co. Westport, Connecticut.
22. Chintescu G., Grigore Șt. 1982 - *Îndrumător pentru tehnologia produselor lactate*. Editura Tehnică, București.
23. Costin I. 1988 - *Cartea morarului*. Editura Tehnică, București
24. Cotea V., ș.a. 1982 - *Oenologie*. Editura Didactică și Pedagogică, București
25. Culache D., Platon V. 1983 - *Tehnologia zahărului*. Editura Tehnică, București.
26. Fellows P. 2000 - *Food Processing Technology. Principles and Practices* 2nd. edn. Woodhead Publishing Limited and CRC Press, Florida.
27. Fuller G.W. 2011 - *New Food Product Development: From Concept to Marketplace*. 3rd. edn. Elsevier Applied Science, London.
28. Gaoncar A.G. 1995 - *Food Processing*. Elsevier Applied Science, London.
29. Godon B. 1996 - *Protènes vegetales. Collection Science et technique agroalimentaires*. Editure Lavoisier, Paris.

30. Guțulescu I., Dautner M. 1977 - *Tehnologia prelucrării legumelor și fructelor*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
31. Hacıadur O., Nicolau A. 1971 - *Fabricarea amidonului, glucozei și dextrinei*. Editura Tehnică, București.
32. Hallstrom B., et all. 1988 - *Heat Transfer and Food Products*. Elsevier Applied Science, London.
33. Hartel R.W., et all. 2008 - *Math Concepts for Food Engineering*. 2nd. Edn. CRC Press Publisher.
34. Heyse K.U., et all. 1996 - *Handbuch der Brauerei Praxis*. Editura Carl Getranke Fachverlag.
35. Hopulele T. 1979 - *Tehnologia berii, spirtului și a drojdiei*. Vol I și II, Universitatea din Galați.
36. Hui Y.H., et all. 2007 - *Handbook of Food Products Manufacturing*. Hoboken N.J. Publisher.
37. Iliescu Gh., Vasile C. 1983 - *Caracteristici termofizice ale produselor alimentare*. Editura Tehnică, București.
38. Ioancea I., Kathrein I. 1988 - *Condiționarea și valorificarea superioară a materiilor prime vegetale în scopuri alimentare*. Editura Ceres, București.
39. Ion D., Falbock R. 1997 - *Microbiologie și chimie alimentară*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
40. Jinescu V. 1989 - *Utilaj tehnologic pentru industriile de proces*, vol IV, Editura Tehnică București.
41. Kathrein I., ș.a. 1981 - *Tehnologia berii și a malțului*. Editura Ceres, București.
42. Kunze W. 1996 - *Technology brewing and malting*. Editura VLB, Berlin.
43. Lupea A.X. 1995 - *Tehnologii în industria alimentară*. Universitatea Politehnică Timișoara.
44. Macici M. 1990 - *Tehnologii moderne de producere a vinurilor*. ICVV Valea Călugărească.
45. Macovei V. 2000 - *Culegere de caracteristici termofizice pentru biotehnologie și industria alimentară*. Editura ALMA Galați
46. Mathlouthi M., et all. 1986 - *Food Packaging and Preservation*. Elsevier Applied Science, Essex.
47. Mihalca Gh., ș.a. 1980 - *Congelarea produselor horticoale și prepararea lor pentru consum*. Editura Tehnică, București.
48. Moraru C. 1998 - *Tehnologia și utilajul industriei morăritului și a crupelor*. Fascicula 1A. Universitatea din Galați.
49. Muscă M. 1984 - *Tehnologia generală a industriei alimentare*. Universitatea din Galați.
50. Nedeff V. 1997 - *Materii prime și tehnologii generale în industria alimentară*. Universitatea din Bacău.
51. Niculiță R., Purice N. 1986 - *Tehnologii frigorifice în valorificarea produselor alimentare de origine vegetală*. Editura Ceres, București.
52. Niculiță R., Purice N. 1986 - *Tehnologii frigorifice în valorificarea produselor alimentare de origine animală*. Editura Ceres, București.
53. Oțel I. 1979 - *Tehnologia produselor din carne*. Editura Tehnică, București.
54. Panțuru D., ș.a. 1997 - *Calculul și construcția utilajelor din industria morăritului*. Editura Tehnică, București.
55. Pavel O., ș.a. 1980 - *Utilajul și tehnologia prelucrării cărnii și laptelui*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
56. Pavlov. K.F., ș.a. 1981 - *Procese și aparate în ingineria chimică*. Editura Tehnică București.
57. Pieper H.J., Bruchmann E. 1993 - *Technologie der Obstbrennerei*. Ulmer Verlag, Stuttgart.
58. Pomohaci N., ș.a. 1990 - *Oenologie*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
59. Predescu T., ș.a. 1970 - *Tehnologia industriilor fermentative*. Editura Didactică și Pedagogică, București.

60. Rășinescu I., ș.a. 1988 - *Lexicon-îndrumar pentru industria alimentară. Tehnologii, procese și produse*. Vol. I și II, Editura Tehnică, București.
61. Rehm N., Reed G. 1996 - *Biotechnology*. Vol 6, VCH Weinheim.
62. Segal B. 1975 - *Tehnologii generale în industria alimentară*. Universitatea din Galați.
63. Segal B., ș.a. 1991 - *Aspecte noi în tehnologia băuturilor răcoritoare*. Universitatea din Galați.
64. Simpson R. 2009 - *Engineering Aspects of Thermal Food Processing*. CRC Press Publisher, Florida
65. Simpson K.B., et all. 2012 - *Food Biochemistry and Food Processing*. Wiley-Blackwell Publisher.
66. Sing P.R., Heldeman D.R. 2008 - *Introduction in Food Engineering*. Academic Press, London.
67. Stancu A. 1997 - *Industria chimică. Operații și utilaje de bază*. Editura Gh. Asachi Iași.
68. Stănculescu Gh., ș.a. 1975 - *Tehnologia distilatelor din fructe și vin*. Editura Ceres, București.
69. Stroia A. 1978 - *Cartea lucrătorului din industria zahărului*. Editura Tehnică, București.
70. Stroia A.L., Potcoavă A. 1984 - *Memorator pentru industria zahărului*. Editura Ceres, București.
71. Toledo R.T. 2010 - *Fundamentals of Food Processing*. Springer Verlag, Berlin.
72. Tudose R. ș.a. 1977 - *Procese, operații, utilaje în industria chimică*. Editura Didactică și Pedagogică București
73. Țenu I. 1997 - *Tehnologii, procedee, mașini și instalații pentru industrializarea produselor vegetale*. Editura BOLTA RECE, Iași.
74. Voicu Gh., Căsăndroiu T. 1995 - *Utilaje pentru morărit și panificație*. Universitatea Politehnica din București.
75. Zaharia T. 1984 - *Cartea lucrătorului din industria produselor făinoase*. Editura Tehnică, București.