

MATERII PRIME PENTRU OBȚINEREA ZAHĂRULUI

Materiile prime pentru fabricarea zahărului sunt reprezentate de sfecla de zahăr și trestia de zahăr. Fabricile de zahăr din Europa nu lucrează cu trestie de zahăr ci cu zahărul brun din trestie important din țările producătoare de zahăr din trestie cum ar fi Cuba, Brazilia etc.

1.1. SFECLA DE ZAHĂR

Sfecla de zahăr *-Beta vulgaris saccharifera-* este o plantă ierbacee aparținând familiei *Chenopodiaceae*. Se utilizează sfecla din primul an de vegetație când se formează rădăcina și frunzele. (În al doilea an de vegetație are loc fecundarea și formarea seminței, planta devenind „semincer” adică producătoare de sămânță).

1.1.1. STRUCTURA MORFOLOGICĂ A SFECLEI DE ZAHĂR

Rădăcina sfeclei de zahăr este formată din:

- cap sau epicotil – porțiune care poartă și frunzele;
- gât sau cotlet, respectiv hipocotil;
- corpul rădăcinii sau rizocorp;
- codiță terminală cu rădăcinile derivate din aceasta.

Pe corpul sfeclei se află două șnțuri (pe o față și alta) din care ies rădăcini laterale care se întind până la vârful codiței (fig. 1.1).

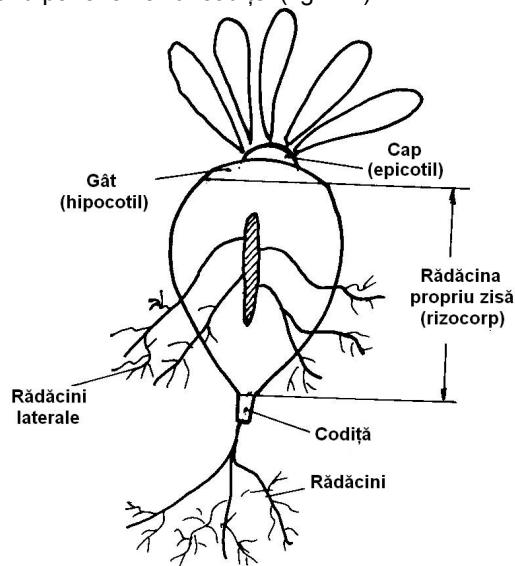


Fig. 1.1. Schema simplificată a sfeclei.

Rădăcina propriu zisă este formată din următoarele straturi (fig. 1.2):

- epiderma care formează stratul exterior al rizocorpului și care se compune din mai multe straturi de celule cu pereți îngroșați (1);

- țesutul fibros (2) care, împreună cu fasciculul de vase liberiene (3) dă rizocorpului rezistență lemnoasă;
- parenchimul în ale cărui celule se găsește sucul celular ce conține zahărul (zaharoza).

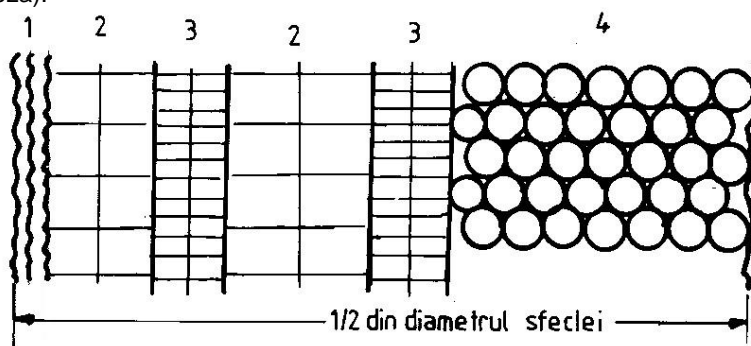


Fig. 1.2. Structura sfeclei:

- 1- epidermă; 2- țesut fibros; 3- fascicul de vase liberiene; 4- parenchim format din celule ce conțin suc zaharos.

Celulele din parenchim sunt formate din (fig. 1.3):

- membrană semipermeabilă la exterior;
- citoplasmă cu vacuolă ce conține suc celular;
- nucleu, imediat sub membrană.

Sfecla matură prezintă vacuola mare și citoplasmă redusă.

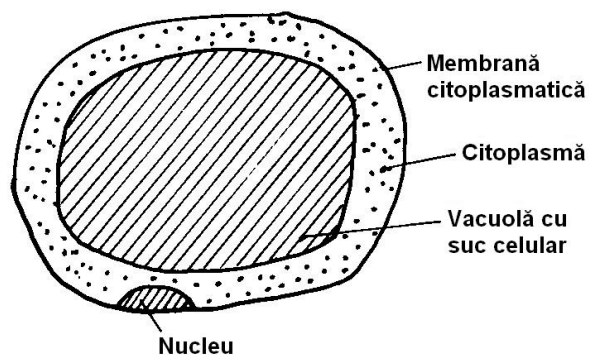


Fig. 1.3. Structura celulei din parenchim.

1.1.2. COMPOZIȚIA CHIMICĂ A SFECLEI

Sfecla de zahăr, matură, sănătoasă, cu o masă de 300...1000 g și chiar mai mult, conține apă, zaharoză, substanțe pectice (protopectină), celuloză și hemiceluloză, substanțe proteice, substanțe neproteice cu azot și fără azot și cenușă (substanțe minerale). Dacă raportările se fac la 100 kg sfeclă repartizarea componentelor chimice este următoarea (fig. 1.4).

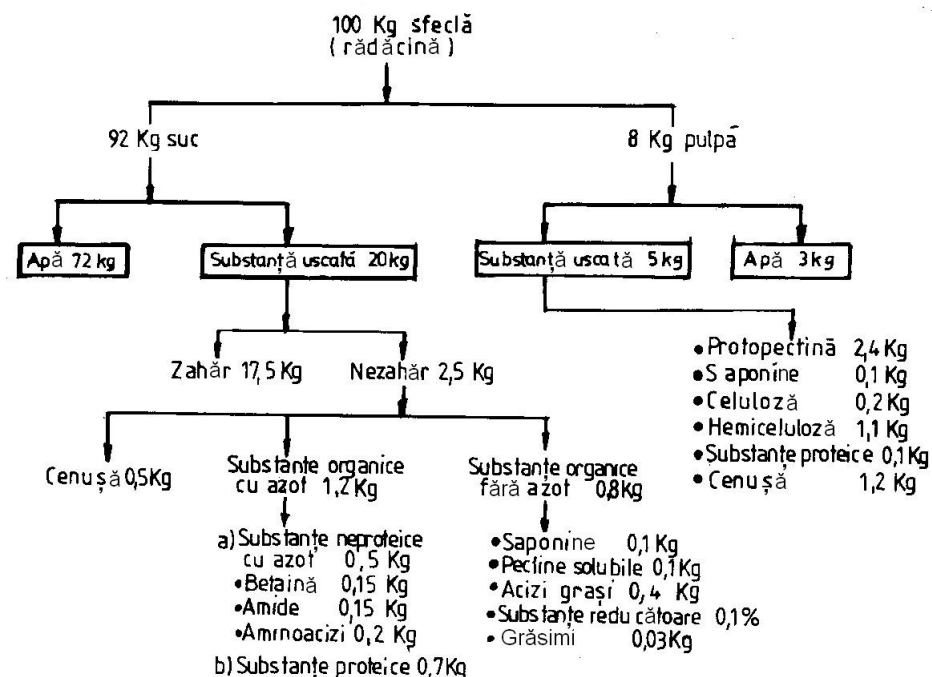


Fig. 1.4. Repartizarea componentelor chimice în suc și pulpă.

1.1.3. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ CALITATEA SFECLEI

Acești factori sunt reprezentați de:

a) **Factorii genetici** care determină forma și dimensiunea corpului rădăcinii, gradul de ramificare a rădăcinii, masa corpului rădăcinii. În categoria factorilor genetici intră calitatea seminței, caracteristicile soiului sau hibridului de sfeclă cultivată.

b) **Factorii pedoclimatici** care sunt determinați de caracteristicile soiului și particularitățile climei din aria de cultivare. Acești factori determină producția de sfeclă și starea ei de sănătate.

c) **Factorii fitotehnici**, respectiv tehnologia de cultivare și întreținere a culturii. Acești factori determină, de asemenea, producția de sfeclă și starea de sănătate a acesteia.

d) **Factorii care se referă la modul de recoltare** ce determină:

- gradul de rănire mecanică a sfeclei;
- conținutul de impurități de pe sfeclă care la rândul său este dependent de starea vremii de recoltare și modul de recoltare.

e) **Condițiile de depozitare** ce influențează:

- starea de vestejire a sfeclei;
- gradul de alterare, sub acțiunea microorganismelor sau a altor factori cum ar fi înghețul/desghețul;
- gradul de degradare ca o consecință a unei depozități îndelungate.

Durata de depozitare a sfeclei va fi influențată de modul cum a fost recoltată sfecla și cantitatea de impurități din sfeclă.

Din punct de vedere tehnologic interesează în principal următoarele caracteristici:

• **Conținutul de zahăr** exprimat în procente din greutatea sfeclei, conținut dependent de:

- perioada în care se face recoltarea;
- regimul de fertilizare aplicat soiului;
- agrotehnica aplicată la semănarea, întreținerea, recoltarea, condițiile de manipulare și depozitare de la recoltare până la prelucrare.

• **Puritatea sucului intracelular** exprimat în procente de zahăr raportat la substanța uscată a sucului. Coeficientul de puritate al sucului este influențat de aceiași factori care determină conținutul de zahăr, determinant fiind însă soiul de sfeclă. Coeficientul de puritate este de:

- 86 - 88% pentru sfecla de bună calitate;
- 83 – 85% pentru sfecla de calitate mijlocie;
- 81 – 83% pentru sfecla de calitate mediocră.

• **Conținutul de marc (pulpă al sfeclei).**
 • **Rezistența la tăiere a sfeclei.**
 • **Elasticitatea tăieștilor de sfeclă.**
 • **Compoziția cantitativă și calitativă a nezahărului din suc de sfeclă, ce va fi influențat de:**

- soiul de sfeclă;
- condițiile pedoclimatice în care crește sfecla;
- modul de fertilizare a solului;
- perioada de recoltare.

1.1.4. INDICATORII DE CALITATE AI SFECLEI DE ZAHĂR

Acești indicatori se impart în două categorii: indicatori ai aspectului exterior; indicatori de calitate tehnologică.

A. Indicatorii aspectului exterior

a) Indicatorul coletului:

$$I_c = \frac{M_c}{M_t} \cdot 100$$

în care: M_c – masa coletului, g;

M_t – masa totală a sfeclei necolectate, g.

b) Indicatorul de formă:

$$I_f = \frac{d}{D} \cdot 100$$

în care: d – este diametrul rădăcinii măsurat la 1/2 din lungimea sfeclei;

D – diametrul cel mare al sfeclei.

După acest indicator sfecla poate fi clasificată în:

- sfeclă groasă cu $I_f \geq 65\%$;
- sfeclă normală cu $I_f \geq 60\%$;
- sfeclă fuziformă cu $I_f \geq 55\%$;
- sfeclă subțire cu $I_f \geq 50\%$.

c) Indicatorul de diametru:

$$I_d = \frac{L_t}{D_m} \cdot 100$$

în care: L_t – este lungimea totală, mm;
 D_m – diametrul maxim al sfeclei, mm.

B. Indicatori de calitate tehnologică a sfeclei

a) Conținutul în zahăr al sfeclei, determinat polarimetric, și exprimat în kg/100 kg sfecleă.

b) Puritya sucului celular, calculat ca procent de zahăr față de substanța uscată a sucului celular.

$$\text{Puritya sucului} = \frac{\text{Zahăr din suc}}{\text{Substanță uscată din suc}} \cdot 100$$

c) Conținutul de marc (pulpă) al sfeclei, care reprezintă, conținutul de substanță insolubilă în apă și exprimată în kg/100 kg sfecleă.

d) Conținutul de substanță reducătoare, exprimat în kg/100 kg sfecleă.

e) Conținutul de rafinoză din sfecleă, exprimat în kg/100 kg sfecleă.

f) Factorul M_z , care exprimă kg de melasă, tip 50, ce se obține la 100 kg zahăr cristal.

M_z poate fi calculat cu relația:

$$M_z = \frac{8K}{D - P_t - 4K} \cdot 100$$

în care: K – conținutul de cenușă conductometrică, %;

D – conținutul de zaharoză din sfecleă, %;

P_t – pierderi tehnologice de zahăr, kg/100 kg sfecleă.

Valorile M_z , în funcție de calitatea sfeclei sunt următoarele:

- sfecleă de calitate superioară $M_z < 30$;
- sfecleă de calitate normală $M_z = 30 - 40$;
- sfecleă de calitate inferioară $M_z = 50 - 65$;
- sfecleă necorespunzătoare $M_z = 65 - 80$.

g) Randamentul teoretic de zahăr cristal, care va depinde de zahărul rămas în melasă (Z_m) și conținutul de zahăr din sfecleă (D).

$$Z_m = D - R \quad [\text{kg}/100\text{kg sfecleă}]$$

în care: Z_m – zahăr rămas în melasa, %;

D – conținutul de zahăr din sfecleă, %;

R – randamentul estimat de zahăr determinat prin calcul, kg/100 kg sfecleă.

$$R = D - P_t \left(1 - \frac{100 - Q}{Q} m \right) \quad [\text{kg}/100\text{kg sfecleă}]$$

în care Q – este puritatea zemii subțiri obținută în laborator, %;

m – coeficient melasigen al nezahărului calculat în funcție de puritatea melasei

$$m = \frac{Q_m}{100 - Q_m}$$

în care: Q_m – este puritatea melasei determinată statistic, %.

1.1.5. CARACTERISTICILE FIZICE ȘI TERMOFIZICE ALE SFECLEI

$$a) \text{ Masa specifică} = \frac{265}{265 - SU_s} \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

În care SU_s – substanța uscată a sfeclii.

b) Suprafața specifică a sfeclii, în funcție de masă (M):

- pentru $M = 200 \text{ g}$, $S = 1 \text{ cm}^2/\text{g}$;
- pentru $M = 750 \text{ g}$, $S = 0,6 \text{ cm}^2/\text{g}$.

c) Presiunea osmotică, care este de 20...30 bari, pentru un conținut de zahăr din sfeclă de 18%.

d) Capacitatea termică masică

$$C_s = 4,18 - 2,8 \frac{SU_s}{100} \text{ [kJ/kg}\cdot\text{grad]}$$

$C_s = 3,39 \dots 3,60 \text{ kJ/kg}\cdot\text{grad}$.

e) Conductivitatea termică a sfeclii

$\lambda = 0,374 - 0,406 \text{ kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{grad}$, sau $\lambda = 0,434396 - 0,47222 \text{ W/m}\cdot\text{grad}$.

f) Temperatura de îngheț = $-2,4 \dots -4,1^\circ\text{C}$.

g) Valoarea de nutreț a sfeclii cu 17,5 % zahăr este de 15,4 unități de amidon.

1.1.6. CONDIȚIILE DE PLATĂ PENTRU SFECLĂ

Pentru a se achita valoarea contractată a sfeclii, se impun următoarele condiții sfeclii livrată fabricilor:

- impurități totale, maximum 10%;
- impurități minerale, maximum 7%;
- impurități vegetale, maximum 3%;
- conținut de zahăr, minimum 16%.

TEHNOLOGIA DE PRELUCRARE ÎNȚĂLĂ A SFECLII

Tehnologia de prelucrare inițială a sfeclii cuprinde operațiile prezentate în figura 2.1.

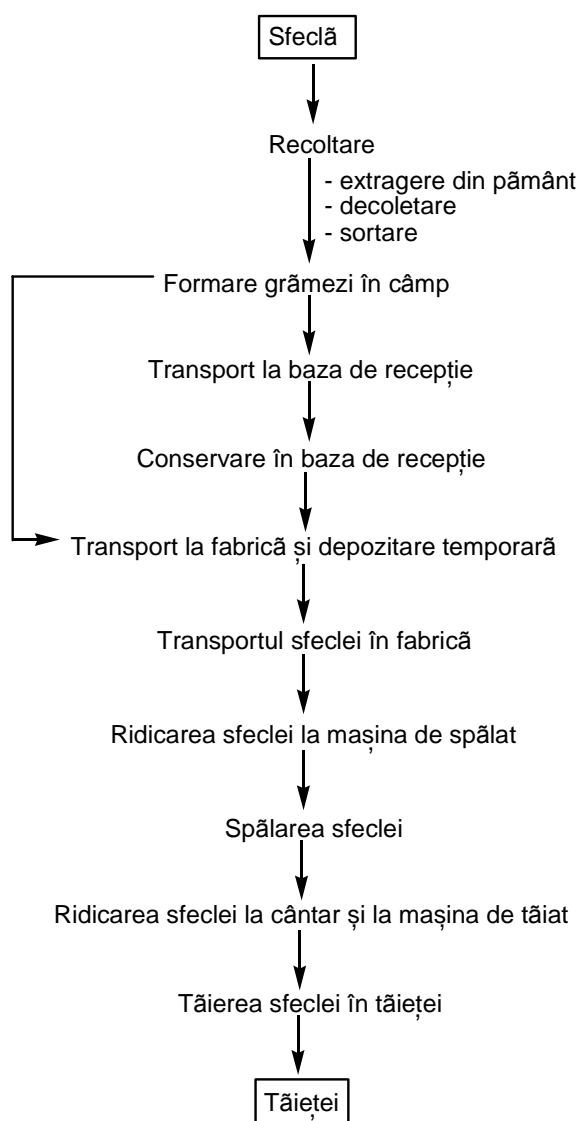


Fig. 2.1. Schema tehnologică de prelucrare inițială a sfecei.

2.1. RECOLTAREA SFECLEI

Recoltarea sfecei se face când aceasta a ajuns la maturitatea industrială stabilită pe baza analizelor de laborator.

Maturitatea industrială a sfecei, reprezintă acea etapă a sfecei în care sunt evidente însușirile biologice, chimice și fizice și când se obține un randament maxim de zahăr. Recoltarea este în funcție de zona de cultivare a sfecei, respectiv

zone calde (recoltare în septembrie) și zone mai reci (recoltare în octombrie).

Recoltarea implică:

-extracția sfeclei din pământ, care se execută mecanizat cu ajutorul dislocatoarelor;

- decolectarea, respectiv îndepărtarea capului cu frunze, operația putându-se executa manual, sau mecanic;

- sortarea în funcție de masa și starea sfeclei, în care caz se obține:

- sfecla categoria I, cu $M > 300$ g, nerănită și sănătoasă;
- sfeclă categoria II, cu $M < 300$ g rănită;
- sfeclă categoria III, cu $M < 100$ g, vestejită, atinsă de boli sau ger, cu

scorburi umede la colet. Această sfeclă se folosește ca furaj.

Până la transport în bazele de recepție sau fabrici, sfecla se ține în grămezi, acoperite cu frunze, pentru a o feri de soare și vânt, respectiv pentru evitarea pierderii de apă prin evaporare.

2.2. TRANSPORTUL SFECLEI

Sfecla din câmp, poate fi transportată la bazele de recepție sau direct în fabrica de prelucrare.

Transportul sfeclei din câmp, la bazele de recepție sau fabrică se face cu autocamioane, remorci tractate, căruțe. Încărcarea mijloacelor de transport se face manual/mecanizat, avându-se grijă să nu se rănească sfecla. Din bazele de recepție, sfecla se transportă cu autocamioane, remorci sau cu trenul, dacă baza de recepție este amplasată în imediata apropiere a unei linii CFR.

2.3. OPERAȚII ÎN BAZA DE RECEPȚIE

Dacă sfecla este transportată la o bază de recepție, aici se execută:

- Recepția calitativă/cantitativă. La recepția calitativă se determină impuritățile, modul de decoletare. Plata se face după masa obținută în urma aplicării eventualelor scăzăminte (în cazul în care impuritățile depășesc valoarea normală).

- Formarea silozurilor de sfeclă, pe platforme betonate, silozurile având secțiune trapezoidală sau triunghiulară. Pe măsură ce se depozitează, sfecla se stropște cu lapte de var, iar după terminarea așezării, silozurile se acoperă cu rogojini, panouri de stufit, folii de polietilenă sau pământ. Pentru aerisirea silozurilor de sfeclă se practică ventilația, naturală sau artificială, în vederea diminuării pierderilor de zahăr. În figura 2.2 sunt prezentate cele două tipuri de silozuri și în figura 2.3, modul de aerisire artificială.

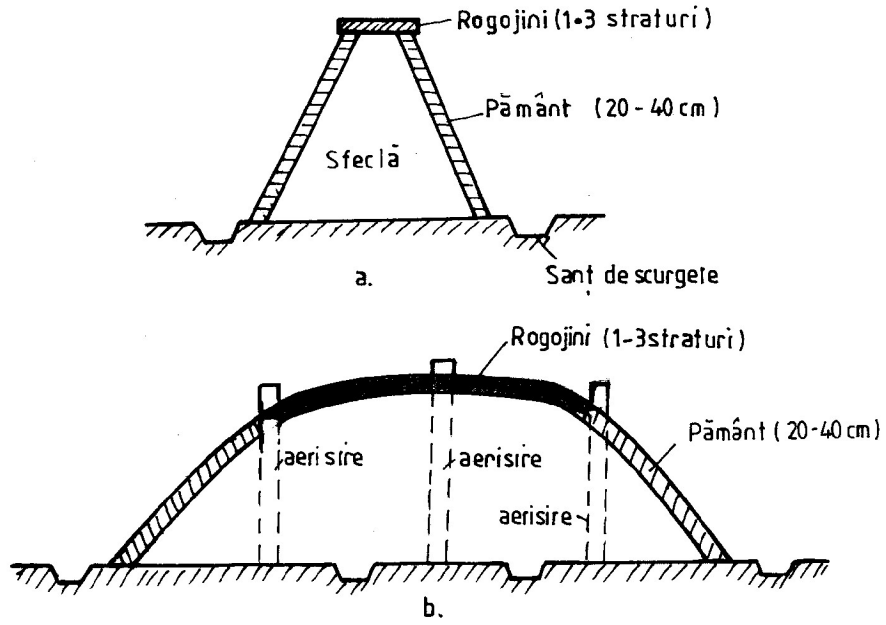


Fig. 2.2. Tipuri de silozuri:
a - cu secțiune triunghiulară; b - cu secțiune trapezoidală.

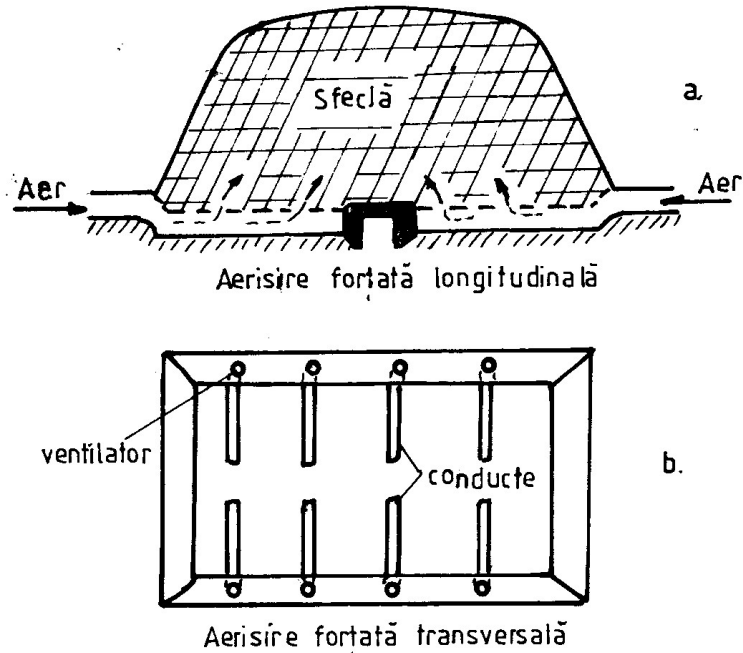
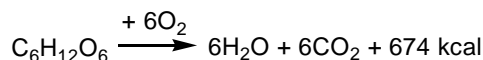
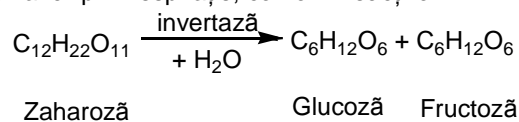


Fig. 2.3. Modalități de ventilație forțată:
a - longitudinală; b - transversală.

2.3.1. TRANSFORMĂRI BIOCHIMICE ȘI MICROBIOLOGICE LA DEPOZITAREA SFECLEI

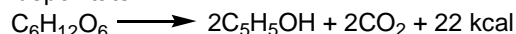
În timpul depozitării sfecele, au loc:

- pierderi de masă prin transpirație;
- pierderi de zahăr prin respirație, conform reacțiilor:



La respirație, se pierde 0,01...0,04% zahăr/zi. Factorii care influențează respirația sunt: temperatura, umiditatea sfecele, durata staționării sfecele în câmp și silozuri;

- pierderi de zahăr prin fermentație. Fermentația are loc la aerare insuficientă sau totală a sfecele depozitate:



Alte modificări, care au loc la depozitarea sfecele, sunt următoarele:

- încolțirea sfecele. care are loc atunci când s-a însilozat sfeclă neajunsă la maturitate, sau când decoletarea s-a făcut necorespunzător. Încolțirea este influențată de: temperatură mai ridicată; umiditate relativă mai mare; prezența impurităților;

- degradarea proteinelor care are loc sub influența enzimelor proteolitice proprii sfecele și a celor secretate de microorganisme. Proteoliza conduce la creșterea conținutului de aminoacizi liberi, care trec în zeama de difuzie, mărind în acest fel cantitatea de azot „vătămător”. Proteoliza este mai intensă în sfecla care a suferit îngheț/desgheț;

- degradarea microbiană a sfecele produsă de bacteria și mucegaiuri mai ales, în cazul sfecele rănită, bolnavă, înghețată/desghețată. Bacteriile periculoase sunt: *Bacterium betae*, *vâcosum*, *betaflavum*. Mucegaiurile mai des întâlnite sunt: *Botrytis cinerea* și *Foma betae*.

2.3.2. CONTROLUL DEPOZITĂRII SFECLEI DE ZAHĂR

La depozitarea sfecele, trebuie să se întreprindă următoarele măsuri:

- controlul zilnic al temperaturii sfecele din siloz, temperatură care trebuie menținută cât mai constant;
- depistarea eventualelor focare de infecție (fermentație), în care caz se desface silozul și sfecla se expediază la fabrică.

2.3.3. MĂSURI PENTRU REDUCEREA PIERDERILOR DE ZAHĂR LA DEPOZITARE

În scopul reducerii pierderilor de zahăr, la depozitate, trebuie luate următoarele măsuri:

- scurtarea duratei de depozitare sau evitarea depozitării prin aducerea sfecele din câmp, direct la fabrică;
- scurtarea duratei de procesare a sfecele în fabrică, la mai puțin de 100 zile, ceea ce necesită fabrici cu capacitate corespunzătoare producției de sfeclă din zona de

cultivare;

- raza de recoltare a sfecele, să nu depășească 20 km, în vederea reducerii distanțelor de transport, respectiv a cheltuielilor.

2.4. DESCĂRCAREA ȘI DEPOZITAREA SFECEI DE ZAHĂR ÎN FABRICĂ

În fabrica de zahăr, trebuie făcut un stoc de sfeclă, care trebuie să asigure continuitatea producției, pe o durată de 2- 3 zile. Sfeclă adusă în fabrică, direct din câmp, sau din bazele de recepție, este descărcată după cum urmează:

- manual, cu furci cu dinți rotunjiți: din căruțe, remorci, mașini;
- mecanic: cu platforme ce se înclină, în cazul remorcilor, camioanelor; prin besculare, în cazul autobasculantelor.

- hidraulic, cu jet de apă sub presiune de 4 daN/cm², cantitatea de apă necesară fiind de 600 – 800 l/100 kg sfeclă (din camioane, remorci, vagoane CF).

Depozitarea sfecele în fabrică, se face (fig. 2.4):

- pe platformă, cu înclinare de 10...15° a pereților laterali;
- în canale de adâncime, cu secțiuni triunghilară, având pereții laterali înclinați la 45°. Sub canalul de depozitare se află canalul transportor cu pantă de scurgere.

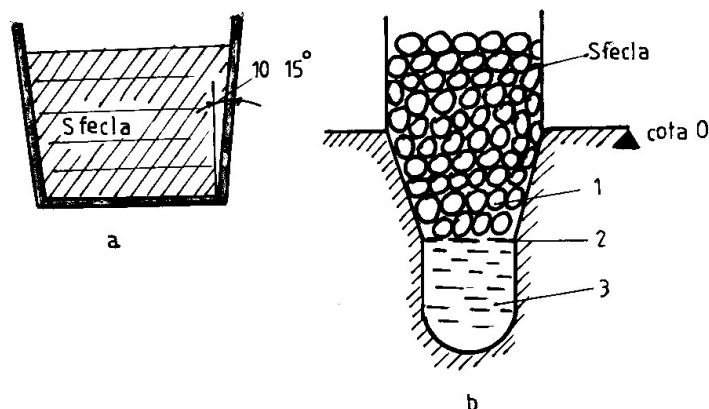


Fig. 2.4. Depozitarea sfecele în fabrică:

a - platformă cu pereți laterali înclinați la 45°; *b* - canal de depozitare cu secțiune transversală: 1 - canal semiîngropat; 2 - gratar; 3 - canal hidraulic de transport sfeclă.

2.5. TRANSPORTUL SFECEI ÎN FABRICĂ

De la platformele de depozitare, sau canalele de depozitare, sfecla se trimite în secția de spălare-tăiere, printr-un canal cu înclinația spre partea finală. Transportul sfecele se face cu apă, care reprezintă 600...1000 l/100 kg sfeclă. Apa are temperatură de ~ 20°C și o viteză de 0,6...0,7 m/s. În timpul transportului hidraulic al sfecele se pot înregistra pierderi de zahăr din sfeclă, de 0,01 – 0,02%.

La transportul hidraulic al sfeclăi se realizează și o "spălare" parțială.

Pe traseul hidraulic, sunt montate următoarele utilaje:

- dozatorul de sfeclă;
- prinzătorul de sfeclă;
- prinzătorul de paie;
- utilajul de ridicat sfecla la mașina de spălat.

În afara canalului hidraulic, sunt construite decantoare, pentru purificarea apei de transport și spălare.

Dozatorul de sfeclă (fig. 2.5), are rolul de a trimite sfecla în mod ritmic în secția de prelucrare. Dozatorul este format din axul 1, pe care sunt montate spișele 2, prevăzute cu gratarele 3, printre care poate trece apa.

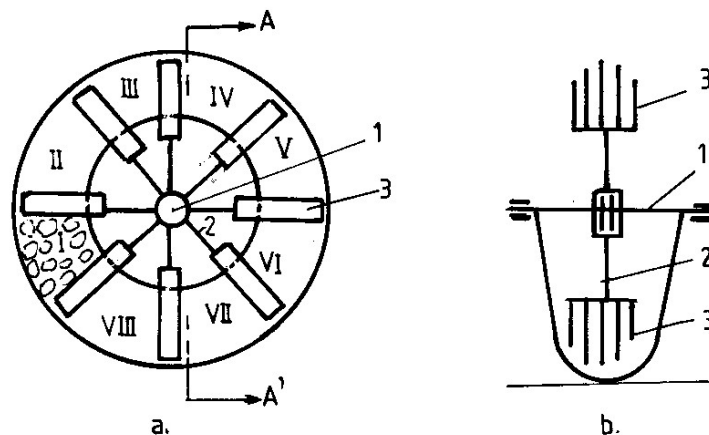


Fig. 2.5 Dozatorul de pietre:
a – vedere din față; b – secțiune A – A'.

Prinzătorul de pietre (fig. 2.6), are rolul de a îndepărta, din masa de sfeclă, corpurile care nu plutesc (pietre, nisip, corpuri metalice, care ar putea defecta mașinile de tăiat și ar colmata canalele reducând astfel capacitatea de transport).

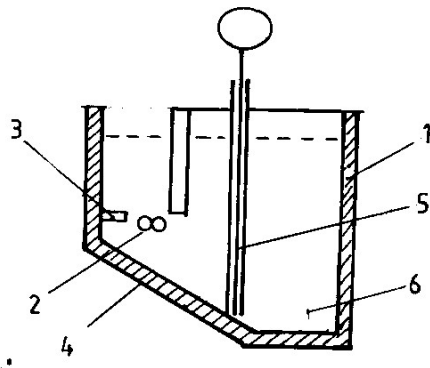


Fig. 2.6. Prinzător de pietre:
1 – incintă; 2 – ștuțuri pentru apă; 3 – ștuțuri pentru apă, sub presiune; 4 – plan înclinat;
5 – registru ce se ridică/coboară; 6 – incintă de colectare a pietrelor.

Prinzătorul de pietre cel mai utilizat este o incintă 1, construită la fundul canalului, incintă, care are un plan înclinat, pe care se rostogolesc pietrele spre

colector, ajungând la partea de jos a planului înclinat, de unde prin ridicarea registrului 5, ajung în zona de colectare/evacuare 6. În prinzător, se află două ștuțuri 2, prin care se trimite apa intermitent, cu ridicarea registrului 5, dar și două ștuțuri 3, prin care se pompează apa sub presiune.

Prinzătorul de paie (fig. 2.7), este destinat eliminării paielor, frunzelor, vrejurilor antrenate de apă la mașina de spălat și tăiat sfeclă. Prinzătorul de paie, este format dintr-un transportor cu lanț, pe care sunt prinse greblele colectoare 1, care se deplasează la suprafața apei din canalul hidraulic și colectează materialul plutitor. Grebele descarcă, materialul vegetal colectat, într-un transportor montat perpendicular pe direcția de mers a prinzătorului de paie.

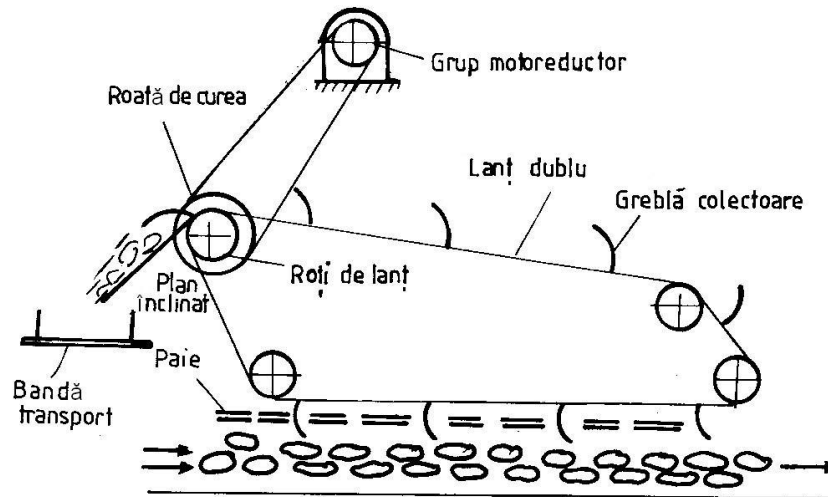


Fig. 2.7. Prinzător de paie.

Utilajul de ridicat sfeclă, la mașina de spălat. Întrucât canalul de transport hidraulic, la capătul din spre fabrică, se află la cota scăzută față de cota zero și pentru a introduce sfecla la mașina de spălat, aflată la primul palier, este necesar un utilaj de ridicat, care poate fi:

- transportor elicoidal înclinat;
- pompă Mamut;
- elevator vertical cu cupe;
- roata elevatoare;
- pompă centrifugală.

Transportul elicoidal înclinat (fig. 2.8), se folosește pentru ridicarea sfeclii de la o adâncime < 3 m. Diametrul melcului este 300 – 600 mm, iar înclinația jgheabului față de orizontală de 30...40°. Axul are o turație de ~ 30 rot/min, pentru a evita zdrobirea sfeclii. Coeficientul de umplere, al transportului, este de 45...54%.

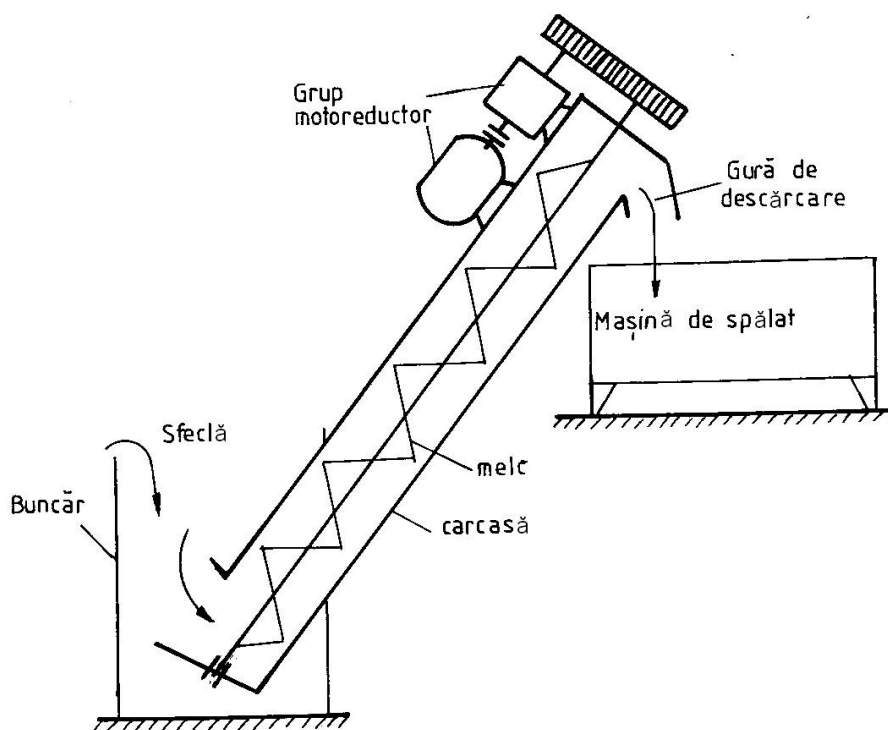


Fig. 2.8. Transportor elicoidal înclinat, pentru ridicarea sfeclăi de la o adâncime de ~ 3 m.

Pompa Mamut (fig. 2.9), este formată dintr-un tub, în formă de U, cu Φ de 300...500 mm. Partea de refulare este de 2 ori mai lungă decât de cea de aspirație. La partea de jos a tubului de aspirație, se introduce aer comprimat. Pompa, se montează într-un puț, astfel încât capătul tubului de aspirație să fie la nivelul rezervorului de sfeclă, iar capătul tubului de refulare la nivelul primului compartiment al mașinii de spălat.

Pompa este consumatoare de energie pentru compresorul de aer. Capacitatea de transport, pentru transportorul elicoidal, este dată de relația:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2) \cdot \varphi \cdot \eta}{4} \rho p \quad [\text{kg/h}]$$

în care: D – diametrul șnecului, m;
 d – diametrului axului, m;
 φ – coeficient de umplere;
 p – pasul șnecului;
 ρ – densitatea sfeclăi, kg/m^3 .

Productivitatea pompei Mamut, este dată de relația:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} v \varphi \rho \quad [\text{m}^3/\text{s}] \text{ sau } Q = 900\pi D^2 \cdot \varphi \cdot \rho \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

în care: D – diametrul pompei;
 v – viteza amestecului în cotul de aspirație, m/s;
 φ – coeficient de umplere;

ρ - masa volumetrică, kg/m^3 .

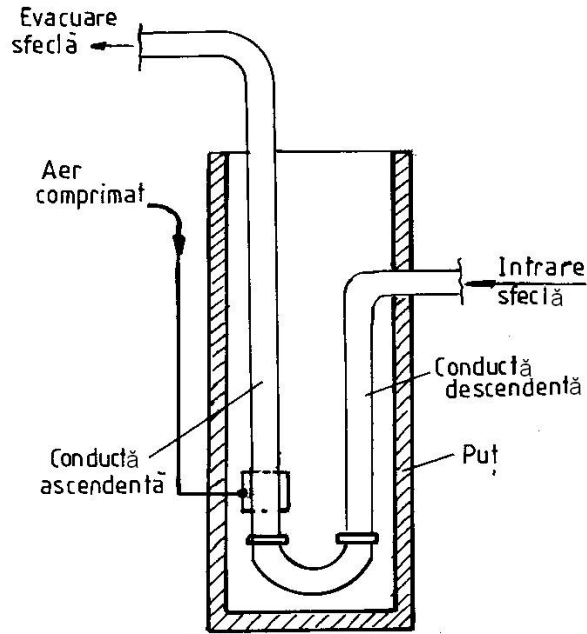


Fig. 2.9. Pompa Mamut.

Roata elevatoare (fig.2.10), este destinată ridicării sfeclei la $h = 8$ m. Roata elevatoare, este formată din axul orizontal 1, pe care este cuprins corpul roții 2, confecționat din tablă de oțel cu Φ de 6...14 m. Această tablă circulară, este fixată pe spiarele roții 4, iar pe partea interioară, sunt fixate cupele 3, din tablă perforată. În funcționare, cupele 3, ridică sfecla din canalul colector, apa scurgându-se prin orificii. Când cupele ajung la partea superioară, prin rotirea roții ele descarcă sfeclă într-un jgheab înclinat, 5 prin care ajunge la mașina de spălat.

Capacitatea de transport a roții elevatoare este dată de relația:

$$Q = V\varphi\rho\frac{v}{h} \text{ [kg/s]}$$

în care: V - volumul unei cupe, m^3 ;

φ - coeficientul de umplere a cupei (0,7...0,75);

ρ - masa volumetrică a sfeclei, kg/m^3 ;

v - viteza periferică a roții, m/s ;

h - pasul cupelor, mm .

$$v = \frac{\pi Dn}{60}$$

în care: D - diametrul roții, m ;

n - numărul de rotații/min.

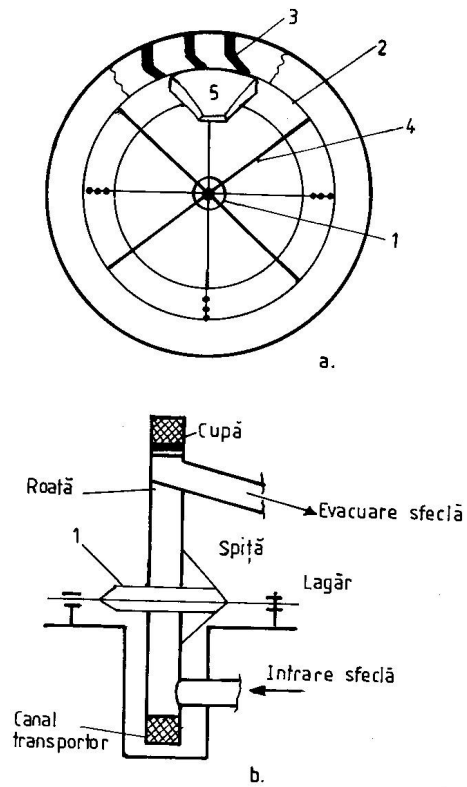


Fig. 2.10. Roată elevatoare:
a – vedere din față; b – secțiune transversală.

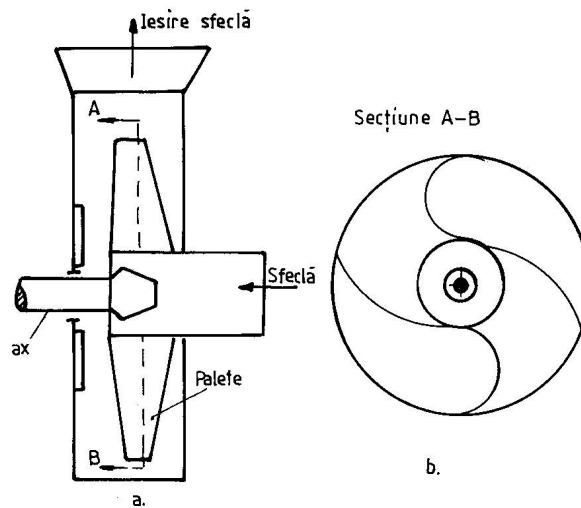


Fig. 2.11. Pompă pentru sfeclă:
a - secțiune transversală; b - secțiune A-B.

2.6. SPĂLAREA SFECLEI DE ZAHĂR

Spălarea sfeclei de zahăr, este necesară, pentru:

- îndepărtarea pământului aderent pe suprafața sfeclei, care ar produce uzura mașinii de spălat;
- îndepărtarea pietrelor, nisipului, paielor, care nu au fost îndepărtate pe traseul canalului transportor;
- îndepărtarea microorganismelor de la suprafața sfeclei, odată cu impuritățile.

Cantitatea de apă pentru spălare este de ~40 kg/100 kg sfecă. Mașina de spălat sfecă poate fi amplasată:

- în hala de fabricație în vecinătatea punctului terminal al canalului transportor;
- într-o încăpere alăturată, separate printr-un perete de sticlă, de hală de fabricație;
- într-o clădire separată, amplasată la o anumită distanță de hală de fabricație și unită de aceasta printr-o pasarelă, pe care este montat și un transportor de sfecă.

Mașinile pentru spălat sfecă pot fi:

- mașină de spălat cu 3 compartimente;
- mașină de spălat cu cuvă dublă.

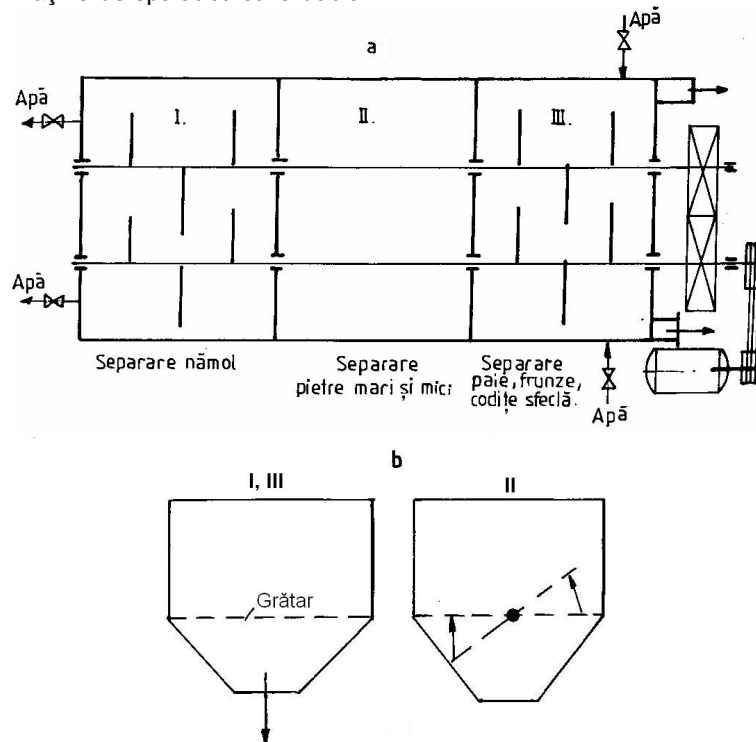


Fig. 2.12. Mașina de spălat sfecă:
a – vedere de sus; b – secțiune transversală prin compartimentul I, III și II.

Mai utilizată este mașina cu 3 compartimente (fig. 2.12), care este formată dintr-o cuvă prismatică, cu lungime de 15 – 18 m, confecționată din tablă de oțel. În interiorul cuvei sunt montate două axe cu palete. Axele se rotesc în sensul de întâmpinare, de la interior spre exterior. Paletele de pe ax asigură o agitare puternică a sfeclei.

Axele primesc mișcarea de rotație prin intermediul unui grup motoreductor. Cuvă paralelipipedică, este împărțită în 3 compartimente, fiecare terminat cu o porțiune sub formă de trunchi de piramidă, cu rol de colector.

Primul compartiment este prevăzut cu un perete orizontal, confecționat din tablă perforată, care separă corpul cuvei de colector, iar colectorul este prevăzut la partea inferioară cu un capac acționat pneumatic.

Al doilea compartiment, este separat de primul, printr-un perete de tablă. În acest compartiment se separă pietrele antrenate odată cu sfecla. În acest scop, porțiunea prismatică a compartimentului este separată de colector printr-un grătar metalic, rabatabil în plan vertical.

Al treilea compartiment, este asemănător cu primul.

Capacitatea mașinii cu 3 compartimente este dată de relația:

$$Q = V\varphi\rho \frac{6024}{\zeta} \text{ [t/24h]}$$

în care: V – volumul primului compartiment, m³;
 φ - coeficientul de umplere (0,84 – 0,9);
 ρ - masa sfeclei din unitatea de volum, t/m³;
 ζ – timpul de spălare, min.

2.7. RIDICAREA SFECLEI LA CĂNTAR ȘI LA MAȘINA DE TĂIAT SFECLĂ

Pentru ridicarea sfeclei la cântar, și respectiv la mașina de tăiat sfeclă se utilizează un elevator de sfeclă format din doi tamburi cu Φ = 800...1500 mm la căpătul cărora se află două roți de lanț, care angrenează două lanțuri ce se mișcă cu 1m/s.

Pe lanțuri, sunt montate cupe din tablă de oțel groasă de 2...2,5 mm, prevăzute cu deschideri pentru scurgerea apei. Aprovizionarea cu sfeclă spălată se face dintr-un buncăr, în care intră partea inferioară a elevatorului, sfecla alimentând cea de a doua cupă a elevatorului.

Cântărirea sfeclei, este necesară pentru cunoașterea bilanțului de material.

Se utilizează cântare automate cu capacitatea cupei de 400...600 kg sfeclă.

2.8. TĂIEREA SFECLEI DE ZAHĂR

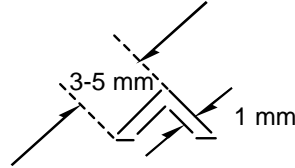
Scopul tăierii este acela de a mări suprafața de contact a apei cu tăietorii de sfeclă, ceea ce conduce la:

- mărirea cantității de zahăr ce se extrage din tăietorii;
- micșorarea timpului de extracție.

Cea mai frecventă formă de tăiere, este în V, deoarece prezintă:

- rezistență mare de tasare;

- rezistență mică la circulația zemii;
- suprafață mare de contact cu apa de difuzie.



Indicatorii de calitate a tăieților sunt următorii:

- Cifra SILIN, care reprezintă, lungimea în metri a 100 g tăieței din care s-au îndepărtat cei cu lungime < 0,5 cm. Se consideră că, lungimea totală cea mai indicată, este de 22...25 m, pentru instalația clasică de difuziune, și 9...15 m, pentru instalația de difuziune cu funcționare continuă.
- Cifra SUEDEZĂ, care reprezintă, raportul între masa tăieților cu lungime > 5 cm și masa tăieților mai scurți de 1 cm. Valoarea normală a cifrei suedeze este de ~ 20 (12 – 30).
- Procentul de sfărâmături, care reprezintă porțiunile de tăieței ce se îndepărtează din 100 g de tăieței, la determinarea cifrei SILIN. Procentul de sfărâmături nu trebuie să fie mai mare de 2%.

Mașinile de tăiat sfecla, pot fi:

Mașina cu disc (fig. 2.13), care se compune dintr-o pâlnie 1, prin care se introduce sfecla în mantaua cilindrică 2, în interiorul căreia, se află discul orizontal 3. În mantaua cilindrică, stratul de sfeclă are 2...3 m și greutatea acestui strat apasă sfecla pe suprafața cuțitelor 4, de pe discul 3, care se rotește. Tăieții rezultați, sunt evacuați pe la partea inferioară a mașinii. Mașina se caracterizează prin: Φ disc = 1350...2200 mm; numărul port cuțite = 22...26; turația discului = 60...70 rot/min; lungimea de tăiere a cuțitelor = 274...411 mm.

Mașina centrifugală (fig. 2. 14), care se compune dintr-un rotor montat pe un ax vertical, care se rotește în interiorul unei rame circulare fixe 2. Pe această ramă se montează portcuțitele 3. La partea superioară se află pâlnia pentru alimentare cu sfecla, iar la partea inferioară pâlnia 5, pentru evacuarea tăieților. Axul rotorului este pus în mișcare de sistemul 6. Cuțitele mașinii de tăiat sfecla au formă specială, ondulată, putând fi obținute prin vâlțuire sau frezare. Cuțitele vâlțuite, au profilul V, iar cele frezate, au profilul U sau V, cele sub formă de U, fiind folosite pentru sfecla depreciată, la sfârșitul campaniei de procesare.

Un cuțit pentru tăiat sfecla se caracterizează prin (fig. 2.15):

- L – lungime;
- l – lățime;
- p – pas;
- h – înălțimea profilului;
- α - unghiul profilului;
- l_1 – distanța dintre marginea cuțitului și axul locașului de fixare;
- l_2 – distanța dintre axele a două locașuri de fixare.

Cuțitele se montează în port cuțite. Un port cuțit (fig. 2.16), fiind format dintr-o ramă 1, fâlcile de fixare 3, între care se fixează cuțitul 2. În fața cuțitului există placa frontală 4. Distanța dintre cuțit și placa frontală, d, este de 2 – 2,5 mm, pentru sfecla sănătoasă și 3,4 – 7 mm, pentru sfecla lemnoasă și înghețată. Înălțimea cuțitului față de placa frontală este de 2,5 – 4 mm și se poate regla cu o pană de oțel.

Casetele port cuțit pot fi pentru cuțite Goller (cele descrise mai sus), pentru cuțite frezate și casete oarbe (pentru reducerea capacității de tăiere).

Pentru a obține tăieți în formă de V se folosesc două feluri de cuțite care se deosebesc între ele prin decalarea laterală a muchiilor cu $\frac{1}{2}$ din deschiderea dintre doi dinți consecutivi. Cuțitele se numerează cu 1 și 2 și se montează alternativ în mașina (fig. 2.17)

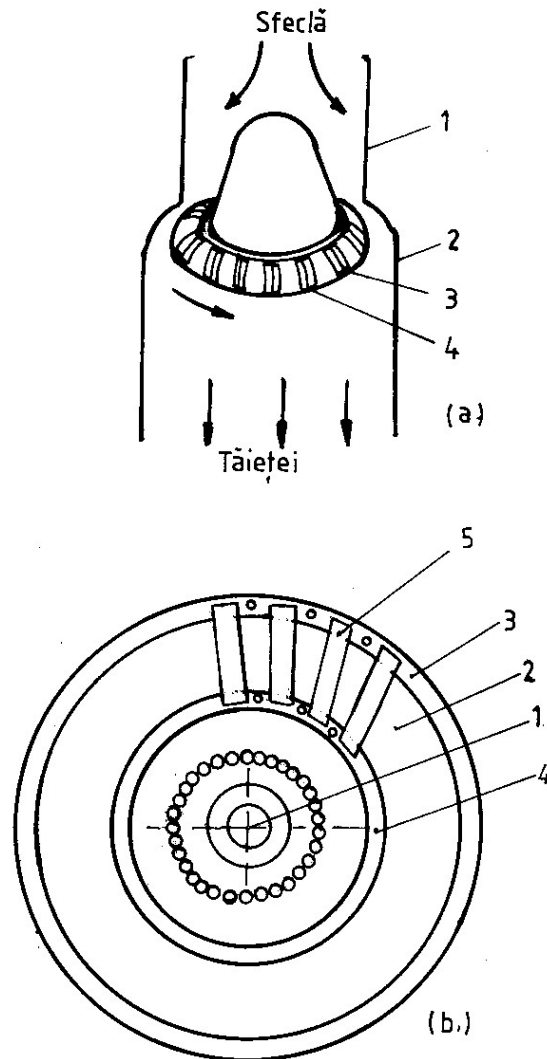


Fig. 2.13. Mașina de tăiat sfeclă cu disc:
 a – schema de principiu; b – discul mașinii de tăiat sfeclă: 1 – butuc; 2 – placă;
 3 – coroană exterioară; 4 – coroană interioară; 5 – locașuri pentru cuțite.

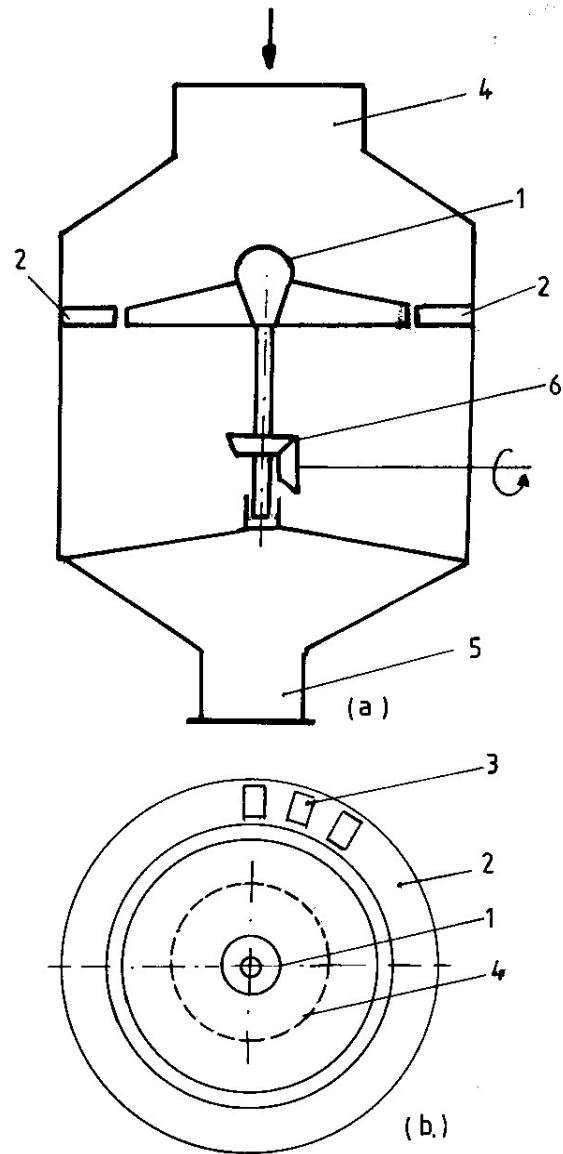


Fig. 2.14. Mașina centrifugală de tăiat sfeclă:
a – schema de principiu; *b* – vedere de sus.

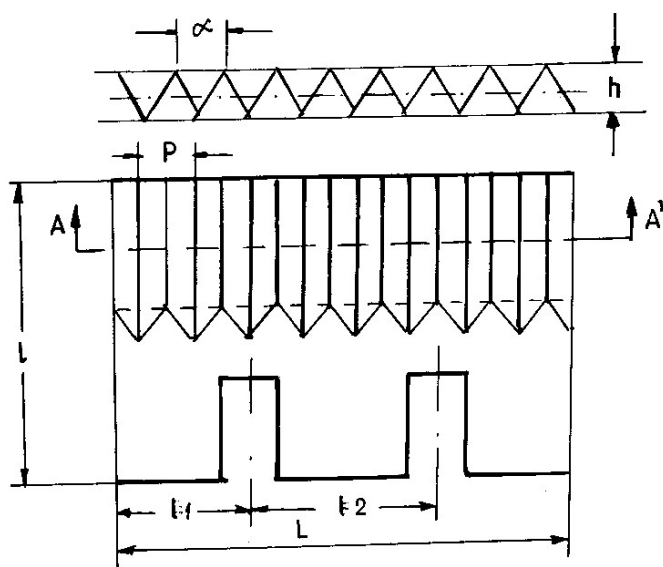


Fig. 2.15. Cuțitul pentru tăiat sfeclă.

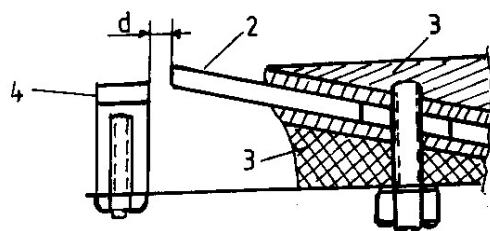


Fig. 2.16. Portcuțit și cuțitul montat.

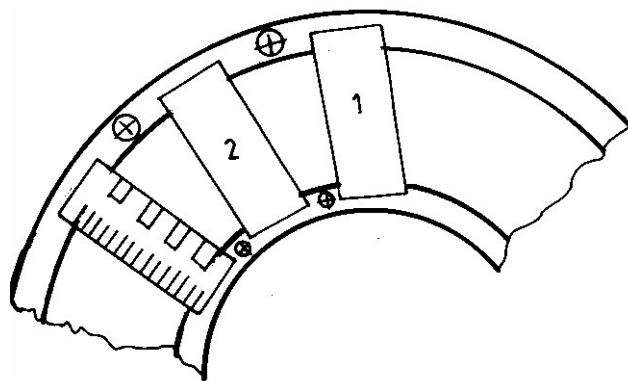


Fig. 2.17. Montarea cuțitelor pe disc.

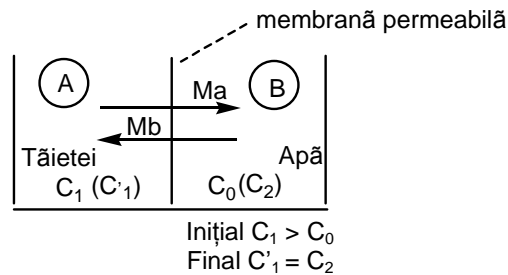
3

EXTRACȚIA ZAHĂRULUI DIN TĂIEȚEI

(DIFUZIA)

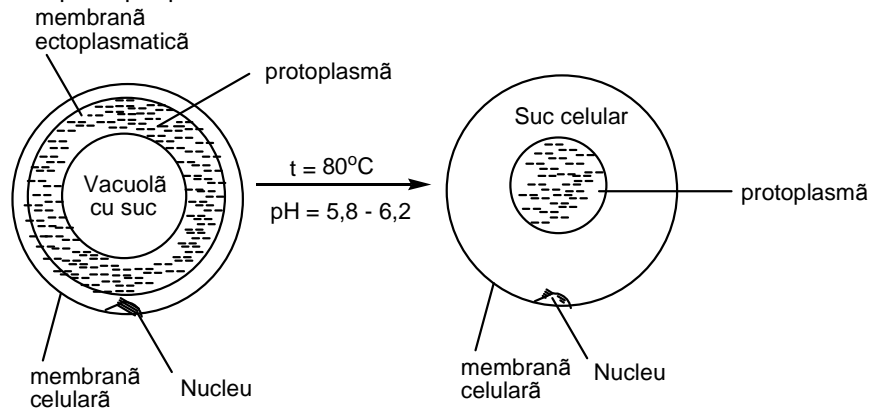
3.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Extracția zahărului din tăieții de sfeclă, are loc prin procesul de difuzie, cu apă. La bază, stau legile generale ale osmozei, și anume: când două faze diferite A și B, dar solubile una în alta, sunt despărțite printr-un perete impermeabil se observă că dizolvantul (în cazul nostru apa), va străbate prin perete (membrană), împrăștiindu-se în soluția concentrată, iar moleculele soluției concentrate, se vor deplasa prin peretele permeabil împrăștiindu-se în dizolvant (apa de difuzie). Deplasarea moleculelor are loc, până când, de ambele părți ale peretelui despărțitor se stabilește o concentrație constantă, difuzia încetând în acest caz.



Pentru a se realiza procesul de difuzie (extracția zahărului), respectiv, a sucului celular din tăieții, este necesar, să se realizeze plasmoliza celulei, care să favorizeze difuzia.

Plasmoliza, se realizează prin încălzirea tăieților aflați în apa de difuzie, și constă, în denaturarea protoplasmelor și retragerea ei spre centrala celulei, concomitant cu distrugerea membranei ectoplasmice, în timp ce sucii celulari sunt împinși spre periferia celulei.



3.2. ECUAȚIA OPERAȚIEI DE DIFUZIE

Pentru difuzia zahărului din tăieții de sfeclă, SILIN a stabilit ecuația după care se realizează difuzia:

$$G = D \cdot S \frac{C - c}{x} \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

În care: G – este cantitatea de zahăr care difuzează, kg;
S – suprafața prin care se deplasează reciproc fazele, m²;
C – concentrația medie a zahărului din tăieții de sfeclă supuși difuziei, $\frac{\text{kg substanță}}{\text{m}^3 \text{ produs}}$;

c – concentrația medie a zahărului în zeama de difuzie, $\frac{\text{kg substanță}}{\text{m}^3 \text{ produs}}$;

x – drumul străbătut de moleculele ce difuzează, m;

D – coeficientul de difuzie, $\frac{\text{m}^2}{\text{h}}$ sau $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$.

Coeficientul de difuzie, depinde de proprietățile fazelor ce se află în difuzie, precum și de natura peretelui prin care se realizează difuzia.

Coeficientul de difuzie este dat de relația:

$$D = \frac{k_0 \cdot T_m}{\eta}$$

În care: k₀ – este o constantă ce depinde de mărimea și proprietățile fizico – chimice ale substanței ce difuzează;

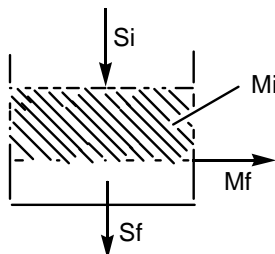
T_m – temperatura în partea activă a aparatului în care se realizează difuzia, °C;

η – vâscozitatea dinamică a zemii de difuzie, în $\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$.

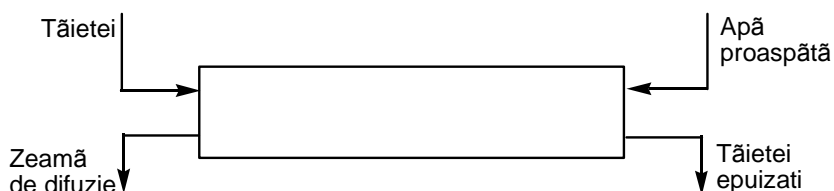
3.3. METODE DE REALIZARE A DIFUZIEI

Difuzia se poate realiza prin două metode:

- difuzia prin spălarea materialului cu apa curată, care are dezavantajul unei durate mari și consumului mare de apă. Metoda se aplică în cazul difuzoarelor cu funcționare discontinuă (S_i – apa proaspătă; S_f – zeama de difuzie; M_i – material inițial; M_f – material epuizat).



- difuzia în contracurent, în care caz, materialul bogat în zaharoză intră printr-un capăt al aparatului și iese epuizat pe la celălalt capăt, în sens contrar circulației apei.



Difuzia în contracurent prezintă următoarele avantajoase:

- se folosește o cantitate mai mică de apă, aproximativ egală cu cantitatea de tăieței de sfeclă supuși extracției;
- concentrația zemii de difuzie care se obține face posibilă obținerea zahărului fără un consum prea mare de căldură în stația de evaporare.

3.4. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ PROCESUL DE DIFUZIE

Acești factori se referă la:

Calitatea materiei prime. Difuzia este mai bună în cazul tăiețelilor din sfeclă proaspătă, neînghețată/desghețată, fără structură lemnoasă, neatăcată de microorganisme și ajunsă la maturitate tehnologică.

Sfecla vestejită/lemnoasă, conduce la sfărâmături și tăieței de formă necorespunzătoare la tăiere.

La *sfecla nematurată*, zaharoza are un coeficient de difuzie mai redus, ceea ce mărește durata de extracție.

Sfecla atacată de microorganisme, conduce la apariția de focare de infecție în instalația de difuzie și deci la pierderi de zaharoză.

Calitatea tăiețelilor. Tăiețelii trebuie să asigure o suprafață mare de contact cu zeama de difuzie, deci, ei trebuie să fie lungi, subțiri, dar rezistenți la rupere și tasare pentru a nu se împiedica circulația zemii de difuzie.

Calitatea apei la difuzie. Apa utilizată la difuzie, provine din condensul de la stația de evaporare (pH alcalin), condensatorul barometric (pH alcalin), de la presa de borhot.

Apele cu caracter alcalin se tratează cu SO_2 sau H_2SO_4 până la pH de 5,8 – 6,3. La acest pH, din sfeclă se extrag mai puține substanțe pectice care măresc vâscozitatea zemii de difuzie, ceea ce îngreunează procesul de purificare și filtrare a zemurilor și la creșterea de zahăr în melasă.

Apa de presare borhot, pentru a fi refolosită se separă de pulpă și apoi se încălzește la 100°C pentru sterilizare. Pentru difuzie se folosește și apa proaspătă.

Temperatura de difuzie. Temperatura de difuzie, este importantă pentru realizarea plasmolizei celulelor tăiețelilor și creșterea difuziei zahărului. La temperatură ridicată se realizează pasteurizarea/sterilizarea zemii de difuzie. Temperatura normală într-o instalație de difuzie este $70\text{...}74^\circ\text{C}$, dar plasmoliza se realizează complet la 80°C . Temperaturi $> 74^\circ\text{C}$, favorizează trecerea substanțelor pectice în zeama de difuzie, înmuiera și tasarea tăiețelilor, ceea ce conduce la încetinirea circulației zemii.

Durata de difuzie. Durata de difuzie este de $60\text{...}100$ min. La depășirea duratei, crește cantitatea de nezahăr în zeama, ceea ce creează neajunsuri la purificare.

Sutirajul. Reprezintă cantitatea de zeamă de difuzie ce se extrage în instalați, în raport cu greutatea sfeclei. Sutirajul este de $105\text{...}130\%$. La depășirea

sutirajului, zeama este prea diluată și deci se consumă multă energie la concentrare.

Sutirajul este dat de relația:

$$S = \frac{P \cdot a}{p} \cdot 100$$

în care P – este zahărul de tăieței, % ;

a - pierderi;

p – cantitatea de zahăr din zeamă.

Încărcarea specifică a aparatului de difuzie. Reprezintă cantitatea de tăieței /1 hl volum util aparat. Încărcarea specifică de 60...70 kg/hl. La depășirea încărcării specifice, scade viteza de circulație a zemii. La o încărcare mai mică apar drumuri preferențiale pentru zeamă în masa de tăieței, deci nu toți tăieței ajung în contact cu zeama de difuzie.

Prezența microorganismelor. Datorită prezenței microorganismelor, pot apare pierderi de zahăr de 0,1...0,2 %, față de sfeclă. Microorganismele ajung în instalația de difuzie pe următoarele căi:

- odată cu sfecla;
 - odată cu apa de transport, spălare, difuzie;
 - odată cu resturile de tăieței care rămân pe transportoare, jghiaburi etc.
- Infecția cu microorganism se poate combate pe următoarele căi:
- menținerea igienei în secție;
 - tratarea apei de transport prin clorinare;
 - dezinfectarea apei de difuzie;
 - menținerea temperaturii de difuzie la > 60°C;
 - dezinfectarea instalației de difuzie odată pe schimb cu formol 35%.

3.5. INSTALAȚII DE DIFUZIE

Frecvent, se folosesc următoarele instalații de difuzie:

- RT cu funcționare continuă;
- BMA cu funcționare continuă;
- DDS cu funcționare continuă.

Instalația RT (fig. 3.1.). Are drept component principal un tambur orizontal din oțel, care se învârtă pe două role de susținere prin intermediul a două bandaje. Mișcarea de rotație se realizează prin intermediul unei coroane dințate, angrenate de o roată dințată, aflată pe axa grupului motoredactor. În interiorul cilindrului sunt fixate 2 spirale cu începuturi, decalate la 180° unul față de altul, care formează două culoare elicoidale (2 rânduri de compartimente distincte ce dirijează zeama în două curente paralele).

În partea de mijloc, pe toată lungimea axei tamburului, există un spațiu gol, cu secțiune pătrată, prin care zeama trece dintr-un compartiment în altul. Pe toată lungimea cilindrului există un perete despărțitor format dintr-o placă compactă în partea centrală și perforată în părțile marginale. De placa centrală sunt fixate table înclinate care dirijează trecerea tăiețelilor dintr-un compartiment în altul. Sensul de înclinare al tablelor este astfel stabilit încât atunci când tamburul se rotește, tăieții alunecă în sens invers sensului de înaintare a spiralelor. Când tamburul se rotește, placa perforată ridică tăieții și îi scoate din zeamă, iar când înclinația plăcii este destul de mare, tăieții alunecă pe tablele înclinate în compartimentul următor. La

fiecare turație a tamburului, datorită celor două spire, zeama se deplasează în două compartimente iar tăieții în sens invers numai într-un singur compartiment. Temperatura din tambur este de 70°C, durata de deplasare a tăieților 100 min, iar a zemei de difuzie de 50 min.

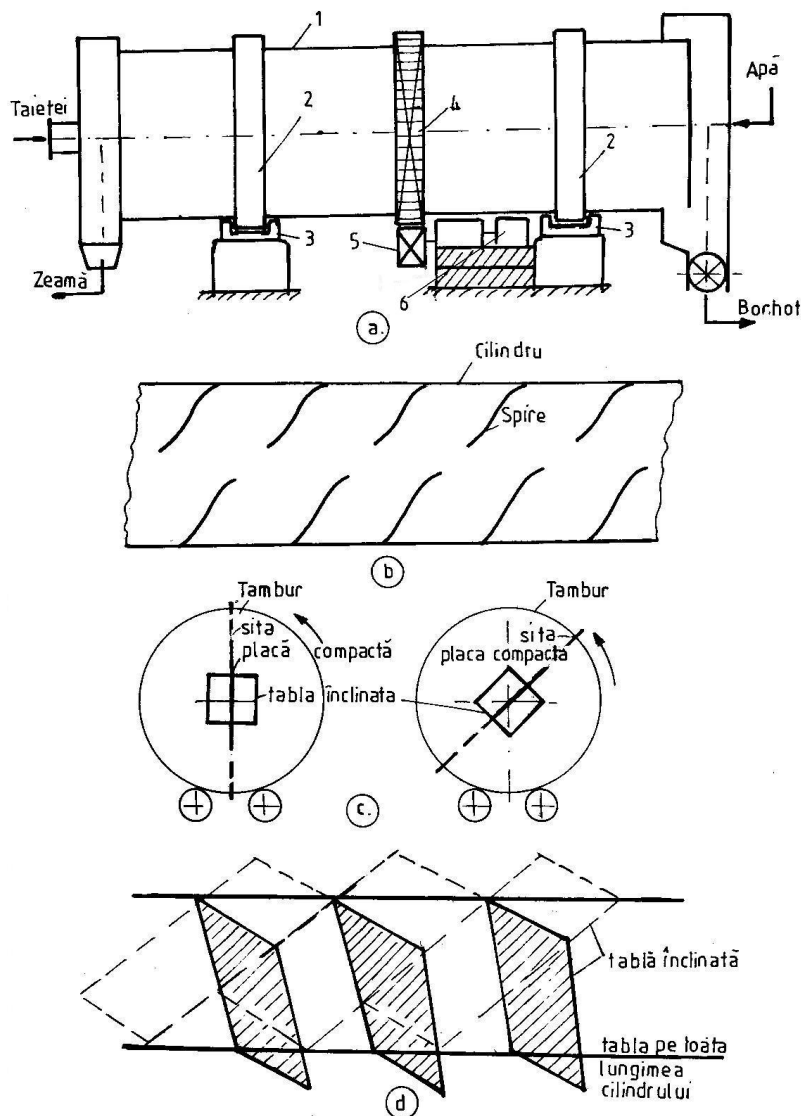


Fig. 3.1. Instalația RT:

a – vedere generală: 1 – tambur; 2 – role exterioare tamburului; 3 – role de sprijin ale tamburului; 4, 5 – mecanismul de acționare melc-roată melcată; 6 – sistemul electromotor-variator de turație; b – secțiune longitudinală; c – secțiune transversală; d – detaliu privind poziționarea tablelor înclinate.

Extractorul BMA (fig.3.2.), se încadrează în categoria extractoarelor de tip transportor melcat vertical. Aparatul este format dintr-o coloană verticală, în interiorul căreia se află un arbore tubular pe care sunt montate spire de o

construcție specială. Spirele au canale radiale pentru curgerea zemii. La baza turnului, se află o sită, iar sub aceasta, un colector tronconic din care se extrage zeama de difuzie. Pe secțiunea coloanei, sunt montate palete fixe, care opresc rotirea masei de tăieței și zeamă odată cu axul și totodată reglează încălzirea aparatului cu tăieței. La partea superioară a coloanei, sunt montate ștuțurile pentru admisie apei, cel de sus pentru apa rece, iar cel de jos pentru apă caldă. Eliminarea tăiețelilor se face pe la partea inferioară a coloanei.

Tăieții sunt preîncălziți în afara extractorului într-un amestecător, pe seama zemii de difuzie de circulație care trece printr-un preîncălzitor. Din amestecător tăieții de sfeclă sunt trimiși la baza extractorului deasupra sitei și circulă de jos în sus, în contracurent cu apa.

Instalația BMA se caracterizează prin: productivitatea (pentru $H = 24$ m și $\Phi = 3,7$ m) = 1500 t/24h; durata de difuzie 80 min; turația medie 0,9 – 1,7 rot/min; încărcare difuzor 50 kg tăieței/hl; sutiraj 120 – 130 % față de tăieței.

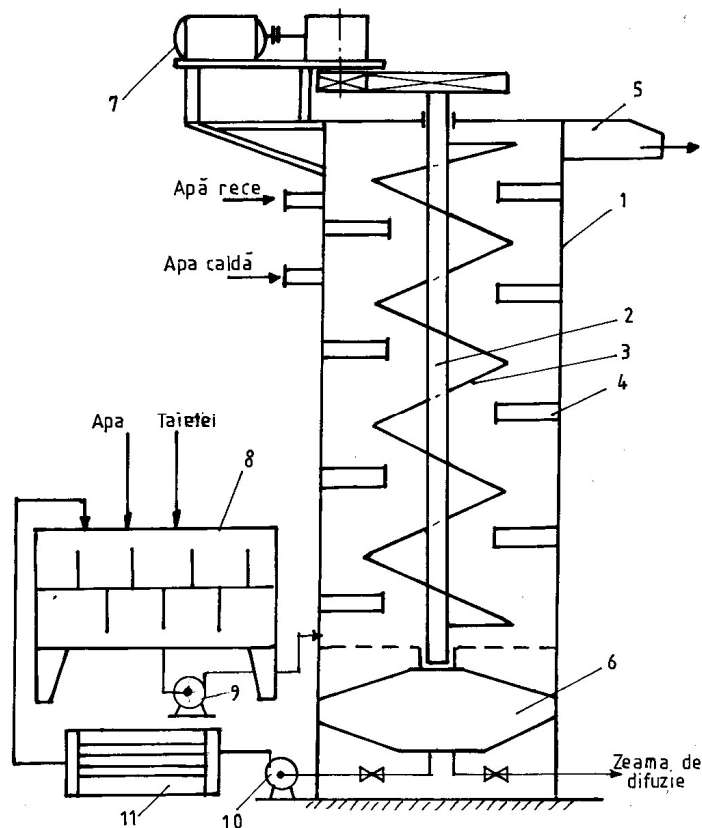


Fig. 3.2. Extractorul (difuzorul) BMA:

1 – corpul aparatului; 2 – ax gol; 3 – spire; 4 – palete fixe; 5 – gură evacuare borhot;
6 – rezervor acumulare zeamă de difuzie; 7 – grup motor-reductor; 8 – malaxor pentru preîncălzire tăieței; 9, 10 – pompe; 11 – schimbător de căldură pentru zeama de difuzie recirculată.

Extractorul DDS (fig. 3.3). Acest extractor face parte din categoria extractoarelor cu înclinație ușoară față de orizontală, deplasarea tăiețiilor în extractor fiind realizată cu un transportor melcat. Aparatul este format dintr-o cuvă

cu secțiune bicilindrică, înclinată față de orizontală cu 8° și terminată prin doi pereți frontali. La extremitatea inferioară a cuvei se află pâlnia de alimentare cu tăieței și o sită prin care se filtrează zeama înainte de a părăsi aparatul, prin gura de evacuare.

În interiorul cuvei se rotesc două transportoare elicoidale care deplasează tăieței de jos în sus în contracurent față de apa de difuzie care este trimisă pe la partea superioară. Spirele melcilor sunt construite din fâșii de tablă, cu spații libere între ele, și care se întrepătrund. La căpătul superior aparatul are o roată elevatoare cu cupe perforate cu ajutorul căruia se scoate borhotul. Pentru încălzire aparatul este echipat cu 12 mantale de abur care crează zone de încălzire pe lungimea aparatului.

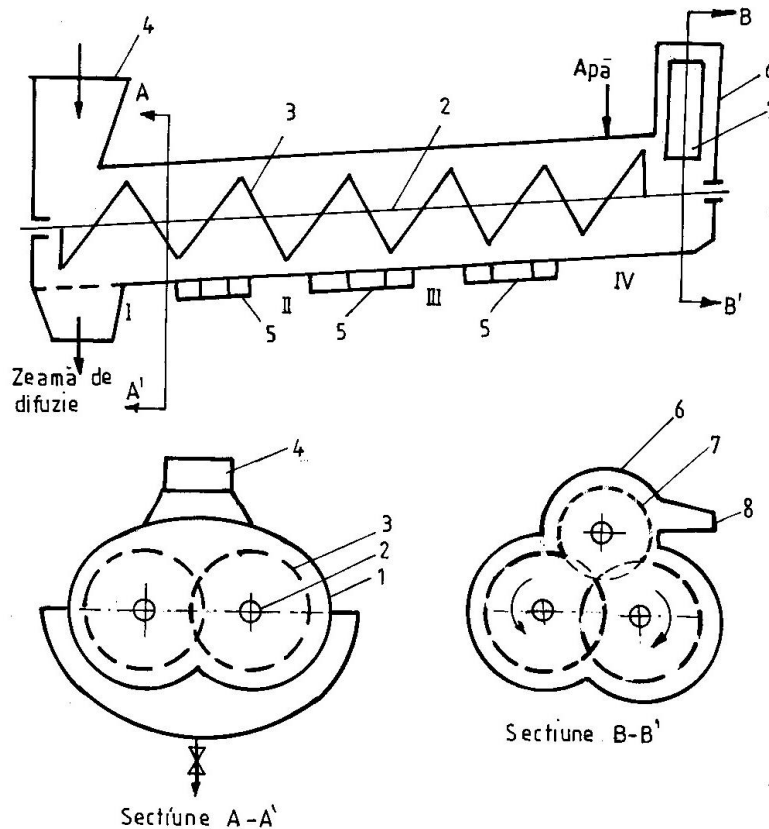


Fig. 3.3. Schiță de principiu a extractorului DDS:

- 1 – corpul șnecurilor; 2 – ax; 3 – spire; 4 – gură de încărcare; 5 – sistem de încălzire;
6 – carcasa roții elevatoare pentru evacuarea borhotului; 7 – roată elevatoare;
8 – descărcare borhot.

Zonele de lucru ale aparatului sunt:

Zona I, de lângă sită, care este neîncălzită și în care temperatura tăiețelor este de $20 \dots 25^\circ\text{C}$, iar a zemii $< 50^\circ\text{C}$ pentru ca tăieții să nu se înmoaie.

Zona II, în care se realizează plasmoliza tăiețelor la $t = 75 \dots 78^\circ\text{C}$.

Zona III, de extracție propriu zisă la care $t = 70 \dots 72^\circ\text{C}$.

Zona IV, de evacuare a borhotului, neîncălzită în care tăieții epuizați au

temperatura de 50...60°C și vin în contact cu apa de difuzie. La folosirea acestei instalații, în condiții normale de funcționare, pierderile de zahăr în borhot sunt de 0,25...0,35% la un sutiraj de 115...120%, durata difuziei fiind de 90...100 min.

Cifra SILIN, pentru tăieței folosiți, trebuie să fie de 7...14 m iar cifra suedeză mai mare de 10. Turația optimă a snecurilor trebuie să fie de 0,7...0,8 rot/min.

3.6. CALCULE TEHNOLOGICE PENTRU PROCESUL DE DIFUZIE

Avem în vedere:

Bilanțul general de material

$$T + A = S + B$$

în care: T – cantitatea de tăieței;

A – cantitatea de apă;

S - sutirajul;

B – borhotul.

Din ecuație se poate determina cantitatea de apă:

$$A = S + B - T$$

Din ecuația de bază rezultă:

- cantitatea de zeamă de difuzie (sutirajul) nu este egală cu cantitatea de apă necesară instalației;

- pentru bateriile de difuzie discontinui, cantitatea de apă este mai mare decât sutirajul;

- pentru instalațiile de difuzie continuă, cantitatea de apă este mai mică.

Bilanțul zahărului la difuzie

$$P = p \frac{S}{100} + a_b + a_n$$

în care: P – cantitatea de zahăr din sfeclă, %;

p – cantitatea de zahăr (polarizația) din zeamă de difuzie, %;

a_b – pierderi de zahăr în borhot, raportat la 100 kg sfeclă;

a_n – pierderi nedeterminate de zahăr la 100g sfeclă prelucrată;

S – sutirajul.

Calculul sutirajului

$$S = \frac{(P - a) \cdot 100}{p}$$

în care: P – cantitatea de zahăr din sfeclă, %;

p – cantitatea de zahăr din zeamă de difuzie, %;

a – pierderi totale la difuzie, față de sfecla prelucrată, %.

3.7. PRESAREA ȘI USCAREA BORHOTULUI

De la difuzie rezultă: zeama de difuzie și borhotul.

Borhotul reprezintă 90% din sfecla la difuzia discontinuă și 70...80% la difuzia continuă. Borhotul este format din:

- apă 92,5 – 94%;
- substanță uscată 6 – 7,5% din care:
 - 0,5% substanțe proteice;

- 1,3% celuloza;
- 2,7% substanțe pectice și arabani;
- 0,2% zaharuri;
- 0,3% săruri minerale.

Pentru a mări conservabilitatea borhotului acesta se supune în primă fază presării, astfel încât conținutul de substanță uscată ajunge la 16 – 20%.

Presarea se face cu prese verticale sau orizontale, mai utilizată fiind presa orizontală. (fig. 3.4).

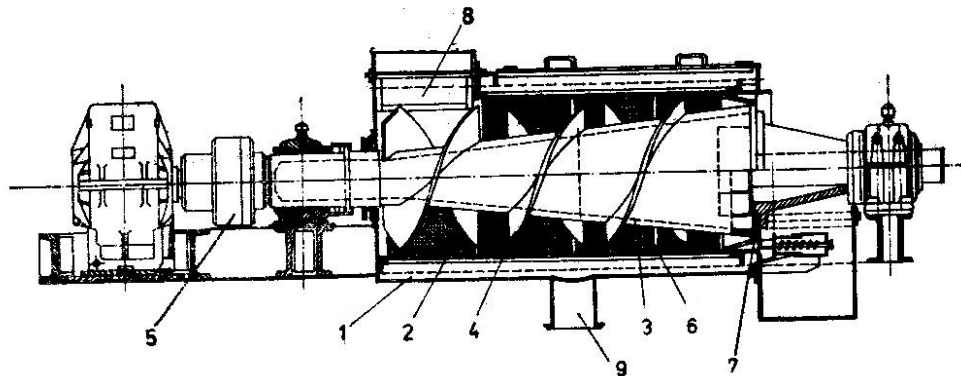


Fig. 3.4. Presă orizontală de borhot:

- 1 – cuvă semicilindrică; 2 – sită cilindrică; 3 – ax conic; 4 – palete dispuse elicoidal;
5 – sistem de antrenare; 6 – bare fixe; 7 - con de presare; 8 – gură de încărcare;
9 – conductă de evacuare apă.

Presarea borhotului este influențată de:

- turația axului presei care la rândul ei influențează capacitatea presei și conținutul de substanță uscată din borhot;
- suprafață liberă de presare care determină: viteza de eliminare a apei. Suprafața liberă a presei este dependent de numărul orificiilor și dimensiunile acestora din sita cilindrică a presei;
- calitatea sfeclei folosită la formarea tăiețeiilor. Tăieței din sfecla imatură se presează mai greu după epuizarea acestora la difuzie, datorită faptului că fibrozitatea este mai redusă. De asemenea tăieței respectivi conțin și o cantitate mai mare de substanțe pectice care rețin apă.
- condițiile de lucru influențează presarea prin:
 - pH-ul la difuzie: un pH mai mare sau mai mic solubilizează excesiv substanțele pectice și deci se produce înmuierea tăiețeiilor;
 - temperatura de difuzie < 40°C conduce la întărirea tăiețeiilor iar prea mare conduce la destrămarea lor. Și într-un caz și altul presarea este mai dificilă.

O conservabilitate și mai mare a borhotului este realizată prin uscare, deoarece conținutul de apă ajunge la 10...12%, iar substanța uscată la 88...90%. Operația de uscare a borhotului este însă nerentabilă economic datorită consumului mare de căldură.

Cantitatea de borhot rezultată din sfeclă se calculează cu relația:

$$G_b = \frac{M_s}{M_b} 100$$

în care: G_b – cantitatea de borhot, % față de sfeclă;

M_s – marcul sfeclei, %;
 M_b – marcul borhotului, %.
 G_b se calculează și cu relația:

$$G_b = \frac{a_b}{P_b}$$

în care: a_b – pierderea de zahăr în borhot, % față de sfeclă;
 P_b – polarizația borhotului.

Bilanțul la presare este:

$$G_1 = G_2 + W$$

în care: G_1 – cantitatea de borhot umed, kg;
 G_2 – cantitatea de borhot presat, kg;
 W – cantitatea de apă eliminată la presare, kg.

Bilanțul în substanța uscată, fără a ține seama de pierderi, este:

$$G_2 \frac{u_2}{100} = G_3 \frac{u_3}{100}$$

în care: G_2 – cantitatea de borhot presat, kg;
 u_2 – umiditatea borhotului presat, %;
 G_3 – cantitatea de borhot uscat, kg;
 u_3 – umiditatea borhotului uscat, %.

4

PURIFICAREA ZEMII DE DIFUZIE

După separarea zemei de difuzie de borhot, zeama de difuzie reprezintă o soluție slab acidă ($pH = 5,8...6,5$), cu o puritate de 82...88%, și având un Brix de 13...15%. Culoarea zemei este brun-închisă spre negru, spumează și are în suspensie pulpă fină de sfeclă și impurități minerale.

4.1. COMPOZIȚIA CHIMICĂ A ZEMII DE DIFUZIE

Zeama de difuzie, are o cantitate de substanță uscată (nezaharoasă) de 1,5...2,5% care este denumită nezahăr. Acest nezahăr, care nu este dorit în zeama de difuzie, este format din:

Substanțe anorganice: sărurile de sodiu și potasiu ale acizilor fosforic și sulfuric. La purificare aceste săruri trec sub formă de hidroxizi sau carbonați care dau alcalinitatea naturală a zemei;

Substanțele organice solubile, fără azot (reprezentate de acizi organici: citric, lactic, oxalic, malic, acetic, butiric), zahărul invertit care provine din zaharoză și rafinoză care se găsesc în cantități mici;

Substanțe organice coloidale, fără azot; sunt reprezentate de substanțele pectice (0,1 – 0,2%) care ajung în zeama de difuzie prin hidroliza protopectinei insolubile.

Cantitatea de substanțe pectice care trece în zeama de difuzie depinde de:

- *calitatea sfeclei*: o sfeclă imatură conduce la o zeamă cu o cantitate mai mare de substanțe pectice;

- **pH-ul zemii:** la $pH = 6,7$ are loc o trecere redusă a substanțelor pectice în zeamă, iar la $7,0$ cantitatea se dublează;
- **temperatura:** la temperatură mai ridicată crește cantitatea de substanțe pectice în zeamă;
- **durata difuziei:** la o durată mai mare de difuzie crește cantitatea de substanțe pectice din zeamă.

Substanțele pectice din zeama de difuzie conduc la:

- creșterea vâscozității cu formare de compuși gelatinoși cu CaO sub formă de lapte de var – $Ca(OH)_2$;
- greutatea în ceea ce privește filtrarea zemii de difuzie.

Substanțele organice cu azot sunt reprezentate de :

- **aminoacizi:** aspartic, glutamic, alanina, izoleucina, glicocolul, tirozina. Prezența aminoacizilor liberi are următoarele consecințe negative: participă la reacții de îmbrunare neenzimatică cu zaharurile reducătoare, contribuind la închiderea culorii zemii; tirozina sub acțiunea tirozinazei formează melanine care intensifică culoarea zemii; formează cu CaO săruri solubile care devin insolubile la evaporare formând cruste ce se depun pe țevi.

- **amidele aminoacizilor** care se descompun în prezența CaO cu formare de amoniac (NH_3);

- **baze organice:** betaina, colina, care ajung în melasă antrenând și zahărul.

Substanțe organice coloidale cu azot (albumine și peptone) la $70^\circ C$ coagulează și nu trec în soluție decât în cantități mici care reacționează cu CaO și sunt eliminate la purificare.

4.2. NECESITATEA PURIFICĂRII ZEMII DE PURIFICARE

Pentru a obține zahăr prin fierbere – cristalizare zeama trebuie purificată din următoarele motive:

- trebuie eliminate particulele în suspensie și proteinele coagulate, deoarece acestea produc greutatea la filtrare;
- zeama are reacție acidă, adică un $pH = 5,8...6,5$ (corespunzător la $0,04\% CaO$). La asemenea pH zaharoza se invertește, zahărul invertit fiind melasigen și antrenează în melasă o cantitate suplimentară de zahăr;
- zeama de difuzie are culoare închisă care s-ar transmite și cristalelor de zahăr;
- zeama conține saponine care produc spumă și creează dificultăți la evaporare, fierbere și cristalizarea zahărului;
- unele impurități coloidale dau soluții vâscoase care creează greutatea la fierbere și cristalizare.

4.3. OPERAȚIILE PROCESULUI DE DIFUZIE

Zeama de difuzie se supune procesului de purificare care constă din următoarele operații (fig. 4.1.).

Predefecarea are drept scop înlăturarea coloizilor din zeama de difuzie prin adăugarea a 0,15 – 0,35% CaO sub formă de lapte de var, astfel ca pH-ul zemii devine 10,8 – 11,2 la 20°C.

La predefecare nu se înlătură pectinele prin coagulare care au sarcină pozitivă. O parte însă din pectine și saponine se înlătură prin adsorbție pe CaO coloidal din soluție sau pe cristalele de CaCO₃ introduse la predefecare prin reluarea unei părți din precipitatul concentrat de la saturația I.

Cantitatea de precipitat coloidal format la predefecare reprezintă 0,5 – 1% din cantitatea de zeamă.

Sistemele de predefecare sunt:

- optimă sau simplă (Spengler, Bötger);
- cu adaus progresiv de var (Kartasov, Dedek, Vasatko);
- progresivă cu tratarea zemii de difuzie cu zeamă predefecată (Briegell – Müller, Naveau).

Predefecatorul Briegell – Müller (fig. 4.2). Este format dintr-un vas orizontal cu fund cilindric în interiorul căruia se rotește un agitator cu brațe. Aparatul, în secțiune longitudinală, este împărțit în 7 compartimente prin pereți de tablă formați din două părți: una fixă (8) și una mobilă (9) – clapete care se pot răsuci după nevoie în jurul axei lor. Zeama intră prin ștuțul (10) în compartimentul (1), iar laptele de var în compartimentul (7) prin conductă (11). Zeama predefecată iese prin preaplinul (12). Cu ajutorul registrului (13), prin ridicare/coborâre se poate varia nivelul zemii în aparat. Zeama de difuzie trece dintr-un compartiment în altul pe la fundul aparatului până ajunge în compartimentul (7), unde se adaugă Ca(OH)₂ pentru aducerea la pH-ul final. Prin rotirea clapetelor în jurul axelor lor în aparat se creează două curenți pe cele două laturi și anume, un curent de la compartimentul 7 la 1 și un curent de la compartimentul 1 la 7. Aparatul lucrează cu zeamă de la saturația I, care conține CaCO₃ cu proprietăți adsorbante, sau cu nămol concentrat de la decantare (care de asemenea conține CaCO₃).

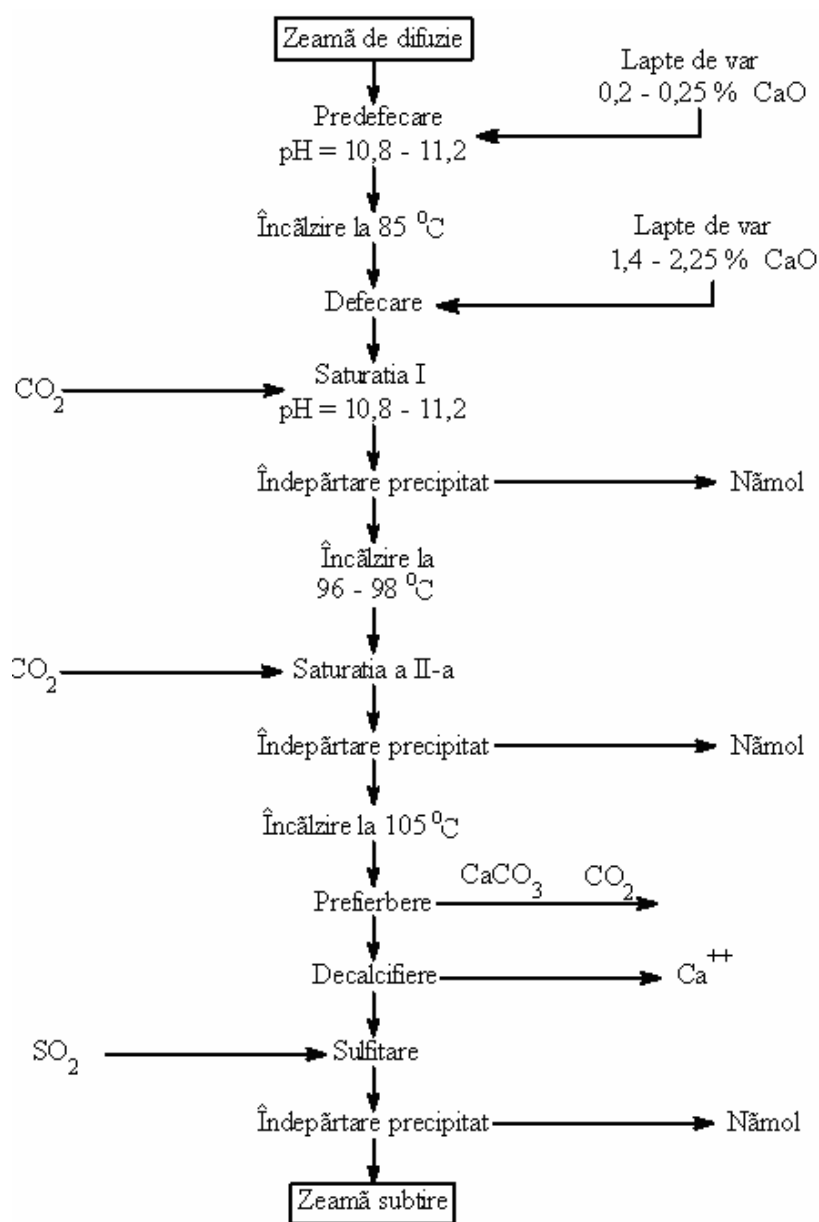
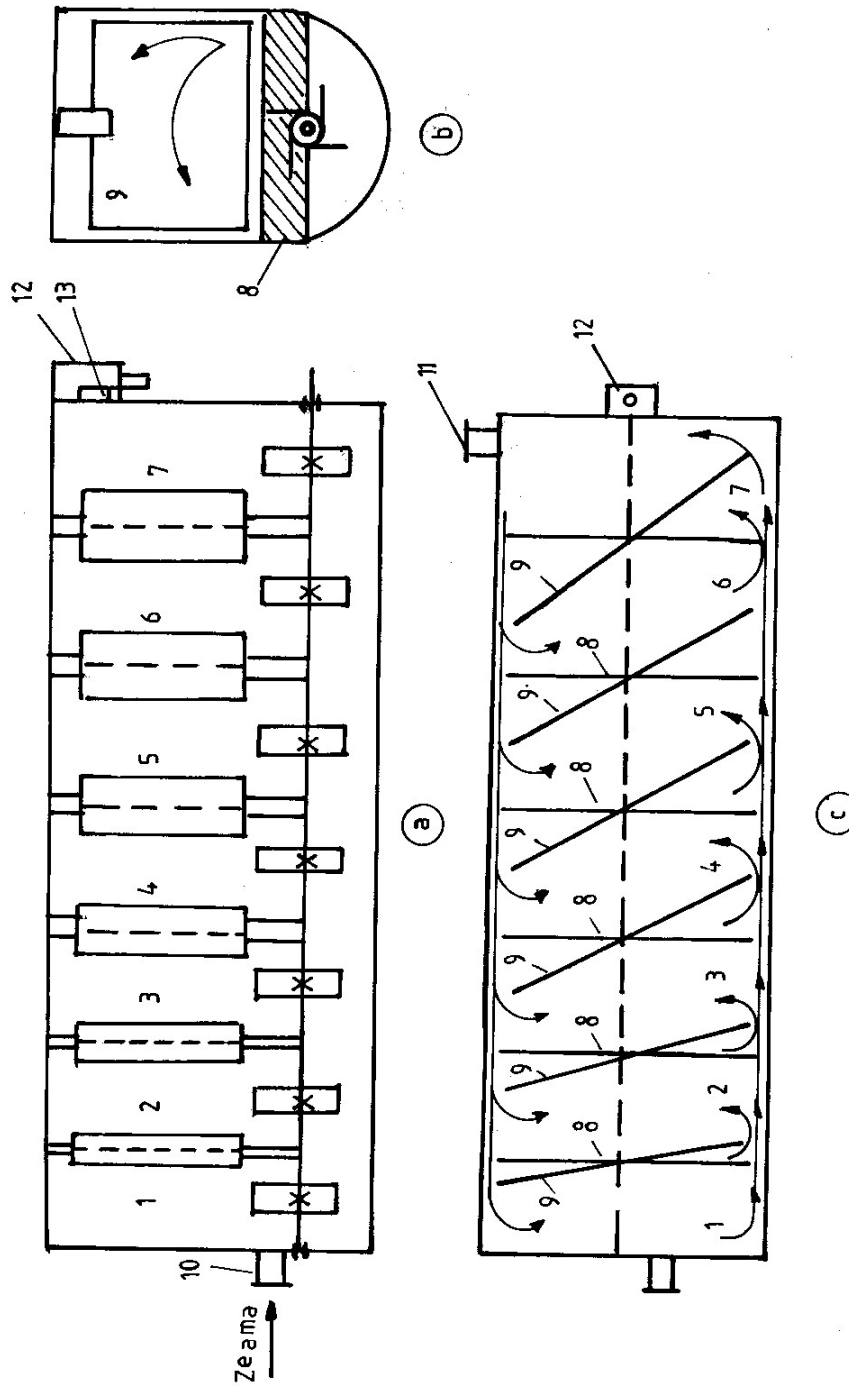


Fig. 4.1. Schema tehnologică recapitulativă de la purificarea zemei de difuzie.



Defecarea este operația care are drept scop:

Fig. 4.2. Predefecatorul Briegell -

- precipitarea compușilor din zeama de difuzie care reacționează cu ionii de Ca^{2+} și OH^- .

- crearea de condiții, astfel încât, la carbonatare, să se formeze o masă adsorbantă de cristale și o masă de precipitat, care ajută la filtrarea zemii carbonatate;

- sterilizarea zemii prin acțiunea $\text{Ca}(\text{OH})_2$ asupra microorganismelor.

La defecare au loc următoarele reacții mai importante:

- nezahărurile anorganice, sunt precipitate de sulfatați (sulfat de calciu);

- acizii organici liberi, sunt precipitați sub formă de săruri de calciu;

- sărurile acizilor organici cu potasiu și sodiu sunt descompuse cu formare de baze (KOH , NaOH);

- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ provoacă descompunerea aminelor (asparagina, glutamina), a substanțelor pectice și proteice.

Aparatele pentru predefecare pot fi:

- aparate de predefecare la cald (fig. 4.3.) cu temperatura de lucru de 85°C și turația agitatorului de 30 – 40 rot/min;

- aparate de defecare la rece (defecatorul DDS), care este de formă cilindrică cu $D > H$, prevăzut cu agitator cu palete (cu 1 tură/minut), care lucrează la 40°C .

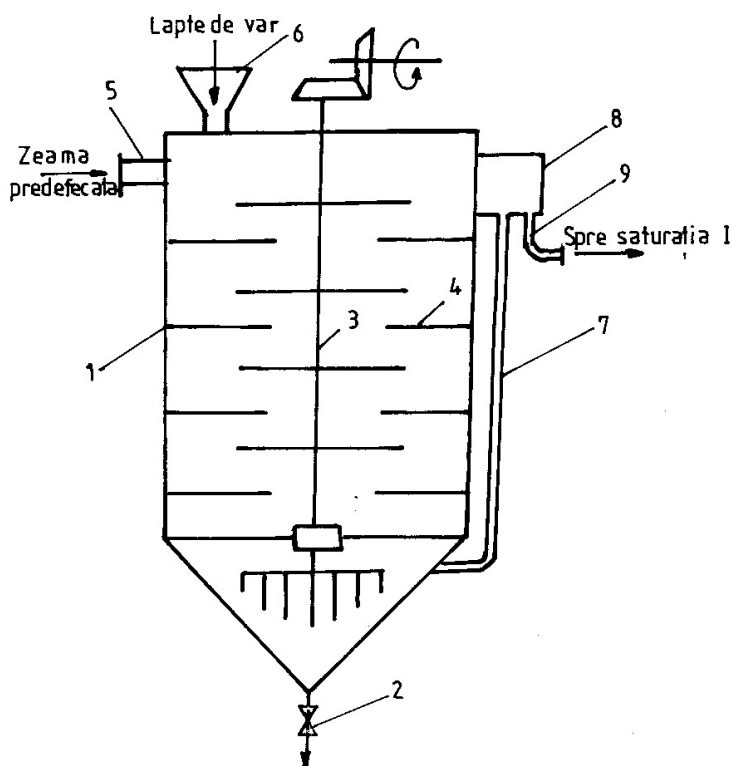


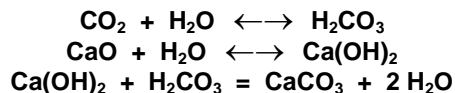
Fig. 4.3. Predefecatorul la cald:

1 – vas cilindric; 2 – ventil de golire; 3 – agitator; 4 – contrabrațe; 5 – alimentare cu zeamă predefecată; 6 – pâlnie de alimentare cu lapte de var; 7 – conductă de evacuare a zemii defecate; 8 – colector de zeamă predefecată; 9 – conductă de evacuare zeamă defecată.

Saturația I. Are drept scop formarea de precipitat cu excesul de lapte de var sau laptele de var slab legat sub formă de zaharați mono- și dicalcici.

La saturația I, intră zeama defecată cu alcalinitate 1,5...2% CaO și temperatura de 85...90°C, care este tratată cu gaz de saturație ce provine de la cuptorul de var (conține 26 – 34% CO₂). Saturația I, are loc în saturatoare până la o alcalinitate de 0,06...0,1% CaO, adică până la pH = 10,8...11,2.

La saturația I au loc următoarele reacții:



De remarcat, că în zeama defecată CaO se află sub formă de suspensie în proporție de 90% și 10% sub formă de hidroxid de calciu; pentru a se forma CaCO₃ tot oxidul de calciu trebuie să se găsească ca Ca(OH)₂.

Saturația I are loc în următoarele condiții:

- temperatura zemii de defecație 85 – 90°C;
- concentrația CO₂ în gazul de saturație este de 26 – 34%;
- durata operației este de aproximativ 8 minute;
- pH-ul final al zemii este de 10,8 – 11,2 (același ca la predefecare).

Saturația I poate fi realizată discontinuu și continuu

Saturația I discontinuă prezintă următoarele avantaje:

- saturația se poate controla foarte bine;
 - obținerea de gel intermediar favorizează absorbția nezahărului pe cristalele de CaCO₃;
 - cristalele de CaCO₃ fiind foarte mici, se favorizează purificarea.
- Dezavantajele saturației I discontinui se referă la:
- cristalele mici de CaCO₃ produc greutate de filtrare, viteza de sedimentare fiind mică. Nu se pot folosi utilaje cu funcționare continuă pentru separarea cristalelor de CaCO₃ cu materialul adsorbit la suprafața lor;
 - se produce spumă;
 - necesită mai multe saturatoare (4 saturatoare), ceea ce ridică costul investiției.

Saturația I continuă prezintă următoarele avantaje:

- se obțin cristale mari de CaCO₃ (5-10 μ) datorită alcalinității mai mici a zemii proaspete, ceea ce conduce la o filtrare mai ușoară a suspensiei de precipitat care are și o viteză de sedimentare mai ridicată;
- se poate realiza recircularea zemii în aparat ceea ce conduce la creșterea cristalelor de CaCO₃;
- instalația este mai ieftină fiind nevoie de un singur saturator.

Dezavantajele se referă la:

- nu se poate menține constant pH-ul, datorită greutateților în reglarea tratării zemii cu CO₂;
- este posibil ca nu toată zeama să fie tratată uniform cu CO₂;
- suprafața de adsorbție a cristalelor mari este mai mică decât a cristalelor mici, deci purificarea este mai puțin eficientă.

Aparatele de saturație I sunt cu funcționare discontinuă și continuă:

a) *Aparatul de saturație I cu funcționare discontinuă (fig. 4.4) este format din vasul cilindric (1), zeama intrând în aparat prin racordul (3) și distribuită prin distribuitorul (2) de sus în jos. CO₂ pentru saturație este adus prin conducta (5) și distribuit prin barbotorul (6). CO₂ este dirijat în contracurent*

cu zeama care părăsește saturatorul prin conducta (7), trecând prin preaplinul (10). Gazul uzat părăsește aparatul prin racordul (11).

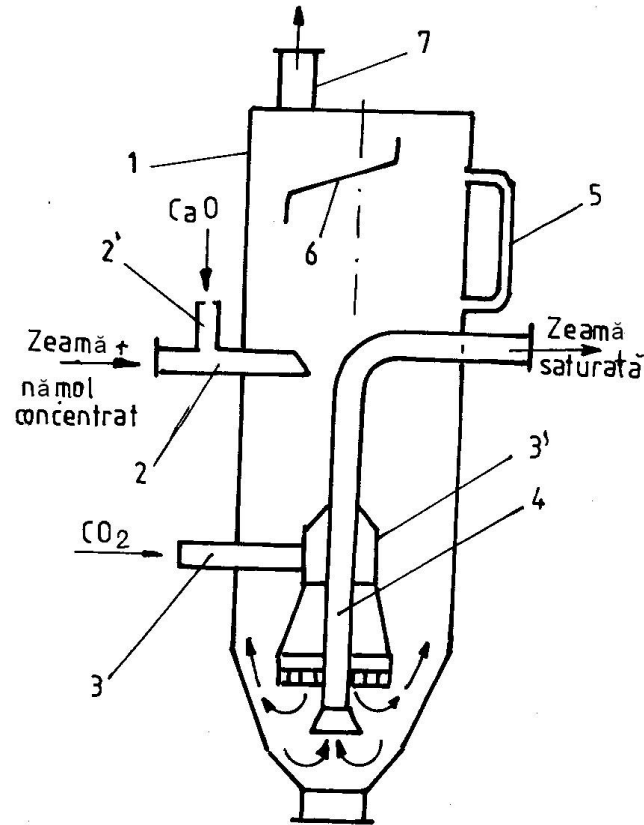


Fig. 4.4. Aparat pentru saturația I, cu funcționare discontinuă:
 1 – vas cilindric; 2 – ștuț de alimentare cu zeama + nămol concentrat; 2' – ștuț de alimentare cu CaO; 3 – conductă de alimentare cu CO₂; 3' – distribuitor de CO₂; 4 – conductă de evacuare zeama saturația I; 5 – sticlă de nivel; 6 – spărgător de spumă; 7 – racord de evacuare gaz de saturație uzat.

b) Aparatul de saturație I cu funcționare continuă (fig. 4.5) se compune din corpul cilindric (1), în care zeama de difuzie și laptele de var intră prin conductele (2) și (2'), cu circulație de sus în jos. Gazul de saturație este adus prin conducta (3) și distribuit prin barbotorul (3') și circulă de jos în sus. Zeama saturată părăsește aparatul prin conducta (4). Controlul nivelului zemei în aparat este realizat prin conducta de nivel (5). Aparatul este prevăzut la partea superioară cu prinzătorul de spumă (6) și racordul (7) prin care iese gazul de saturație.

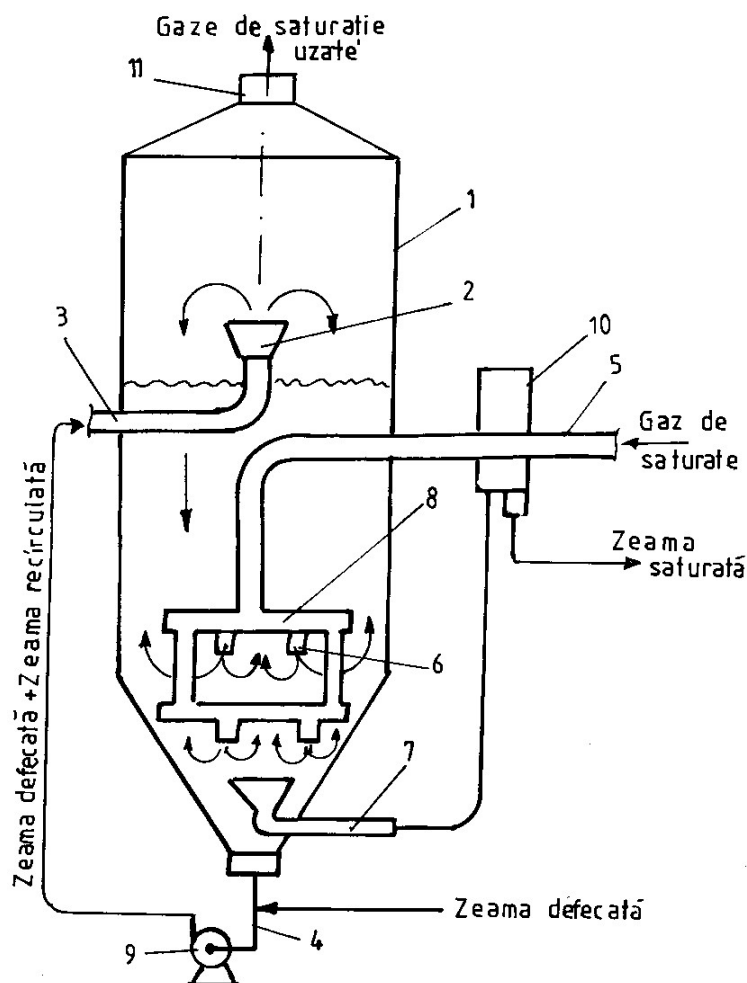
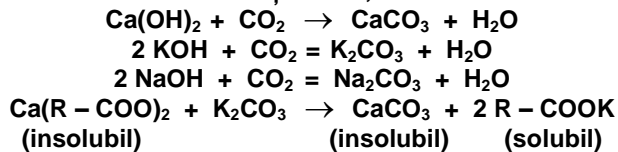


Fig 4.5. Aparat pentru saturația I, cu funcționare continuă:
 1 – vas cilindric; 2 – distribuitor zeamă defecată + recirculată; 3 – ștuț intrare zeamă; 4 – conductă recirculare; 5 – conductă gaz de saturație; 6 – duze de distribuție gaz de saturație; 7 – conductă de evacuare zeamă saturată; 8 – distribuitor de gaz de saturație; 9 – pompă centrifugă; 10 – preaplin; 11 – evacuare gaz de saturație uzat.

Saturația a II-a. Are drept scop de a precipita excesul de var cu CO_2 și de a scădea la minimum cantitatea de săruri de calciu, conținută de zeama subțire. La saturația a II-a trebuie evitată redizolvarea nezahărului. Tratarea cu CO_2 se face până la $\text{pH} = 8,2 \dots 8,8$ și $100 \dots 150 \text{ mg CaO / litru}$.

Reacțiile care au loc la saturația a II-a, sunt următoarele:



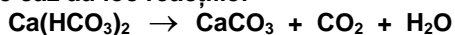
În caz de suprasaturare, cu CO₂, are loc transformarea carbonaților în bicarbonați, fapt nedorit, deoarece, bicarbonații produc incrustații pe țevile fierbătoarelor.

Saturația a II-a este bine condusă dacă:

- alcalinitatea zemii ajunge la 100...150 mg CaO / litru, adică pH = 8,2...8,8;
- KOH și NaOH se transformă complet în K₂CO₃ și Na₂CO₃;
- operația se desfășoară la 100°C și fără exces de CO₂ pentru a nu se forma bicarbonați solubili.

Saturația a II-a durează aproximativ 4...5 min. și se conduce în aparate de felul celor arătate la saturația I.

Prefierberea zemii subțiri de saturația a II-a. Această operație, este necesară numai dacă s-a făcut suprasaturarea zemii și a avut loc formarea de bicarbonați solubili. Prefierberea se realizează la 105...107°C, într-un preîncălzitor în care caz au loc reacțiile:

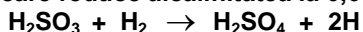
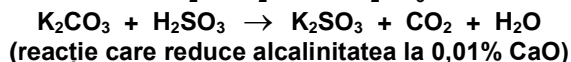
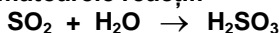


Carbonații insolubili se îndepărtează prin filtrare.

Sulfitarea zemii subțiri. Această operație, se realizează în scopul:

- reducerii alcalinității până la 0,001% CaO;
- reducerea vâscozității zemii;
- decolorarea zemii.

La sulfitare au loc următoarele reacții:



(hidrogenul format are acțiune decolorantă asupra substanțelor colorate din zeamă).

Separarea precipitatului din zemuri. Precipitatele se îndepărtează din zemuri după:

- saturația I, când se formează o cantitate mare de precipitat;
- saturația a II-a, când se formează o cantitate mai mică de precipitat;
- după sulfitare.

Se poate merge pe varianta:

Decantare, în care caz se separă zeama care, se trece prin filtre de control (cum ar fi filtrul cu lumânări), iar nămolul concentrat se filtrează în filtru rotativ cu vid. La aplicarea acestui procedeu este necesar ca zeama să aibă un coeficient de sedimentare $S_k > 6 \text{ cm/min}$. Și un coeficient de filtrabilitate $F_k < 6 \text{ s/cm}^2$. Viteza de sedimentare este influențată de mărimea și calitatea precipitatului, vâscozitatea zemii, temperatura zemii.

Folosirea de filtre concentratoare, de tip Grandfrin sau Grand Pont care prezintă următoarele avantaje: realizează un grad de concentrare mai mare a nămolului; evită înrăutățirea calității tehnologice a zemii și pierderi de zahăr prin evitarea staționării zemii; filtrele ocupă un spațiu mai redus în comparație cu decantoarele.

4.4. SCHEME DE PURIFICARE

Schemele de purificare a zemei sunt clasificate în:

- a) schema cu coagularea coloizilor înaintea saturației I (schema Briegell – Müller);
- b) schema de purificare fără coagularea coloizilor înaintea saturației I (schema de purificare Door);
- c) scheme mixte de purificare (schema Schneider – BMA și schema Wiklund - Door).

Schema cu coagularea coloizilor înaintea saturației I (schema Briegell – Müller). În această schemă (fig. 4.6) zeama de difuzie este supusă unei predefecări progresive. Astfel, în predefecatorul (1) zeama este tratată cu 0,20...0,25 g CaO / 100 ml, reluându-se în compartimentul (1) al predefecatorului precipitatul de carbonat de calciu de la saturația I.

În defecatorul (2) zeama este tratată cu aproximativ 1 g CaO / 100 ml, fiind trecută apoi prin preîncălzitorul (3), unde se încălzește la 85...90°C.

În saturatorul (4), zeama este tratată cu CO₂ până la pH = 10,8...10,9, apoi ajunge în decantorul (5), unde se separă zeama limpede care este trimisă la preîncălzitorul (7) și saturatorul (8), iar nămolul concentrat este filtrat-spălat în filtrul rotativ cu vid (6).

Saturația a II-a are loc până la alcalinitatea de 0,015 – 0,020 g CaO / 100 ml. În final zeama este filtrată în filtrul (9).

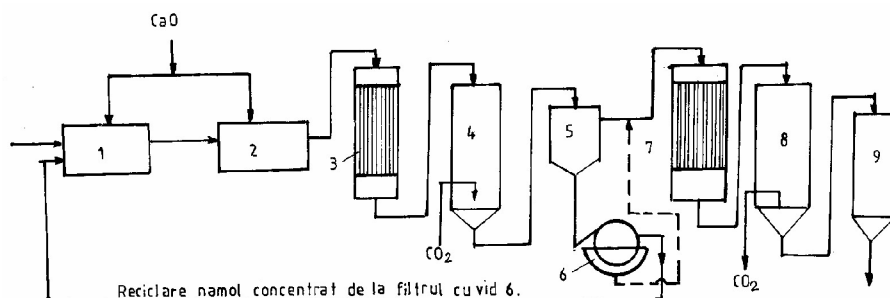


Fig. 4.6. Schema de purificare Briegell – Müller.

Schema de purificare fără coagularea coloizilor înaintea saturației I (schema de purificare Door). În cazul acestei scheme, zeama de difuzie se încălzește la 90°C în preîncălzitorul (1), după care este introdusă în vasul de amestecare (2), unde se recirculă zeama tratată simultan cu CaO și CO₂ în defecosaturatorul (3), până la pH = 10,8 – 10,9.

Zeama recirculată reprezintă 600 – 700% față de zeama de difuzie.

Din saturatorul (3) zeama își urmează cursul normal (fig.4.7).

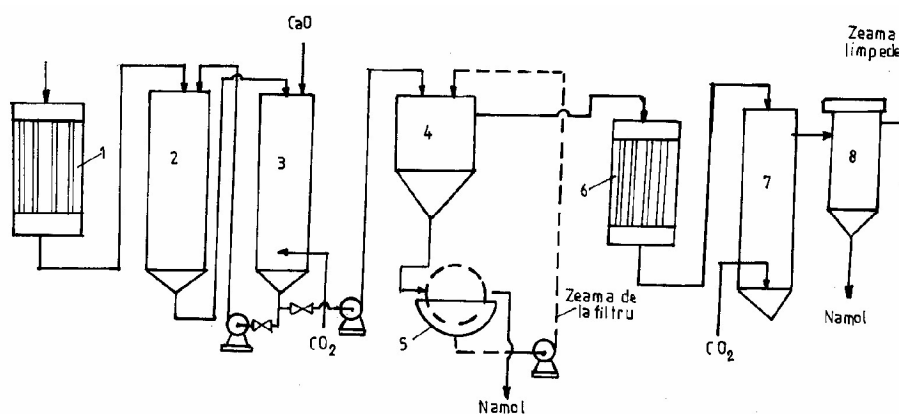


Fig. 4.7. Schema de purificare Door.

Scheme mixte de purificare (schema Schneider – BMA și schema Wiklund - Door).

În cazul schemei Schneider – BMA (fig.4.8), se realizează stabilizarea coloizilor zemii de difuzie în vasul (1), în care se introduc 6...10 volume nămol concentrat de la decantorul (6) al saturatorului I (5). Zeama tratată este apoi trecută în reactorul I a (2), în care se aduce și 150...250% zeamă saturată din reactorul I b (3), plus nămol concentrat de la decantorul (10) al saturatorului II (9). Între saturatorul I c (5) și reactorul I b (3) s-a introdus defecatorul (4). Înainte de a intra în saturatorul II (9) zeama se mai supune unei defecări cu 0,02...0,03 % CaO.

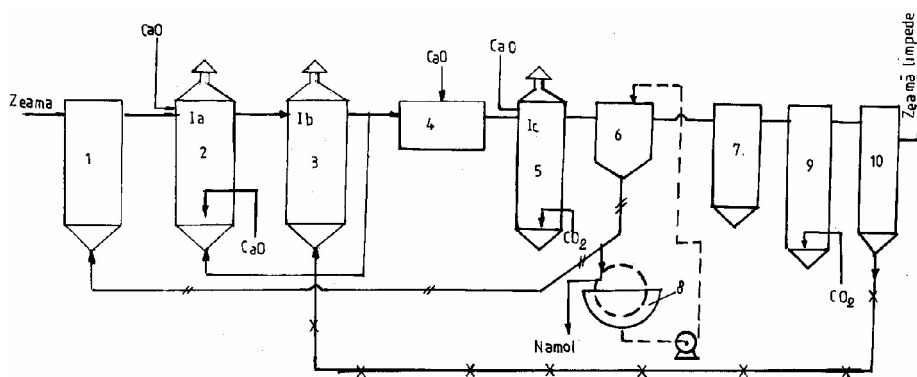


Fig. 4.8. Schema de purificare Schneider – BMA.

În cazul schemei Wiklund – Door (fig. 4.9), procesul decurge după cum urmează: zeama de difuzie se preîncălzește la 60...70°C în preîncălzitorul (1), după care se realizează predefecarea în contracurent, progresivă în predefecatorul (2), prin adăugare de 0,5 g CaO / 100 ml și 100% zeamă suprasaturată pentru coagularea și stabilizarea coloizilor. În continuare, în vasul (3), se adaugă 1,2...1,6 g CaO / 100 ml, pentru defecare masivă. Zeama astfel tratată este admisă

în preîncălzitorul (4), la 85°C, și trecută apoi la saturatorul (5), unde este tratată cu CO₂ până la pH = 10,8...10,9, adică la alcalinitatea de 0,08 g CaO / 100 ml.

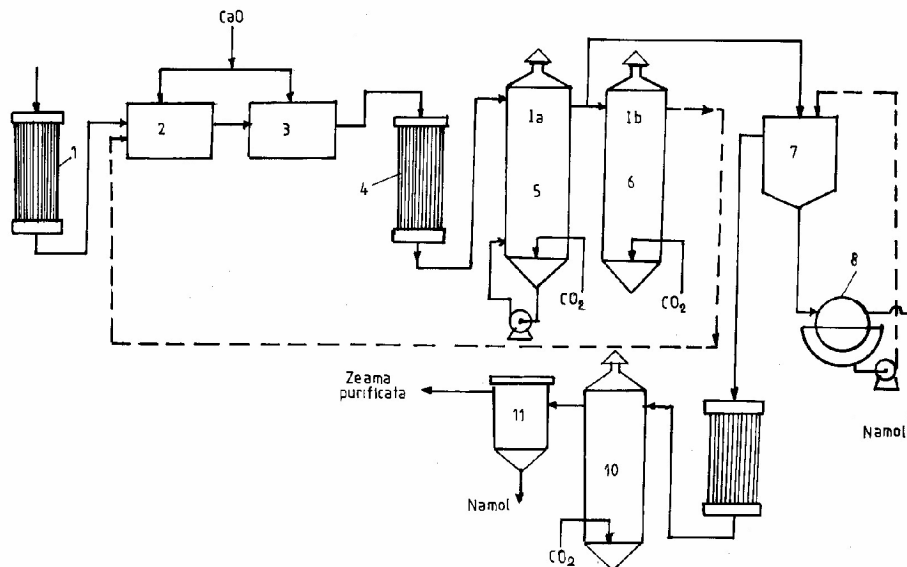


Fig. 4.9. Schema de purificare Wiklund – Door.

O parte din zeama de saturație I este trecută la saturatorul (6) unde suportă o nouă suprasaturare până la alcalinitatea de 0,02 g CaO / 100 ml corespunzătoare pH-ului 9, și este recirculată în predefecatorul (2). Restul zemei de saturația I, este trecută la decantorul (7), apoi la preîncălzitorul (9), împreună cu cea rezultată de la filtrul cu vid (8). În preîncălzitor zeama se încălzește la 95°C și de aici este trimisă la saturatorul II (10) unde se tratează cu CO₂ până la alcalinitatea de 0,015...0,020 g/100 ml. Zeama de saturație II, ajunge în final în filtrul (11).

EVAPORAREA ZEMII SUBȚIRI

5.1. INSTALAȚIA DE EVAPORARE

Zeama purificată, este o zeamă subțire, deoarece, conține 11...15% substanță uscată. Această zeamă, trebuie concentrată până la 60...65% substanță uscată, în care caz se obține, așa numita zeamă groasă.

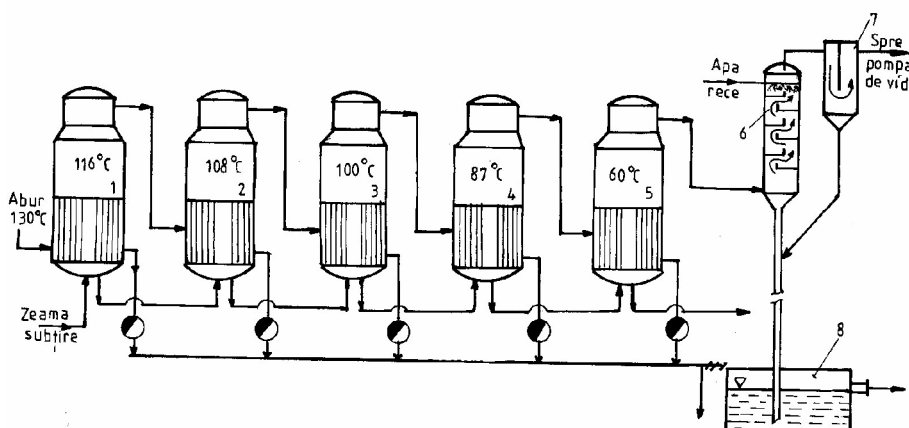


Fig. 5.1. Instalație de evaporare cu cinci corpuri (trepte):
1, 2, 3, 4, 5 – corpuri de evaporare; 6 – condensator barometric; 7 – prizător de picături; 8 – cadă barometrică.

Concentrarea se face de regulă într-o stație de evaporare cu multiplu efect care este formată (vezi figura 5.1) din:

- evaporatoare (concentratoare), de regulă cu țevi și tub central de circulație. Țevile fierbătoare au diametrul (\varnothing) de 30...34 mm și lungimea (L) de 3000 mm, iar în cazul evaporatoarelor cu circulația zemii în peliculă, lungimea este de 4500...7000 mm.

- condensator barometric;
- pompă de vid;
- oală de condens.

Instalația de evaporare, funcționează în mai multe trepte de presiune, la temperaturi cuprinse între 130 și 60°C. Evaporatoarele sunt legate în serie și lucrează la presiuni descrescătoare, de la primul corp la ultimul corp, astfel încât, aburul secundar format într-un evaporator să servească la încălzirea următorului evaporator. Aparatele de evaporare, denumite și corpuri de evaporare, care lucrează la aceeași presiune formează o treaptă sau un efect de evaporare.

În cazul menționat în figura 5.1. sunt cinci trepte (efecte) de evaporare. În instalația menționată, corpurile 1 și 2 lucrează la presiune mai mare decât presiunea atmosferică, iar corpul 3 lucrează la o presiune aproximativ egală cu cea atmosferică, iar corpurile 4 și 5 lucrează la o presiune mai redusă decât cea atmosferică. Aburul secundar, de la ultimul corp de evaporare, este condensat în condensatorul barometric, conectat cu prizătorul de picături și conectat la pompa de vid uscată.

Pentru ca stația de evaporare cu efect multiplu să funcționeze, transmiterea de căldură trebuie să se facă de la un aparat la altul, ceea ce înseamnă o cădere de temperatură a vaporilor de la o treaptă la alta.

Această condiție este dată de ecuația:

$$Q = K_1 S_1 (t_0 - t_{r1}) = K_2 S_2 (t_1 - t_{r2}) = \dots = K_n S_n (t_{n-1} - t_{rn})$$

în care: Q – este cantitatea de căldură adusă de abur în corpul 1, [Kcal];

$K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ – coeficientul total de transmitere a căldurii, [Kcal/m² h grad];

$S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ – suprafețele de încălzire a aparatelor, [m²];

t_0, t_1, \dots, t_{n-1} – temperatura vaporilor saturați de încălzire în fiecare evaporator, [°C];

$t_{f1}, t_{f2}, \dots, t_{fn}$ – temperatura de fierbere a zemii, [°C].

Condensarea aburului, ieșit din ultimul corp al instalației de evaporare, se realizează în condensatorul barometric de amestec cu înălțimea (H), de 2, 3 ori mai mare decât diametrul (D) și prevăzut cu șicane. La condensatorul barometric (vezi figura 5.2.) se consumă 200...500 l apă/100 kg sfeclă.

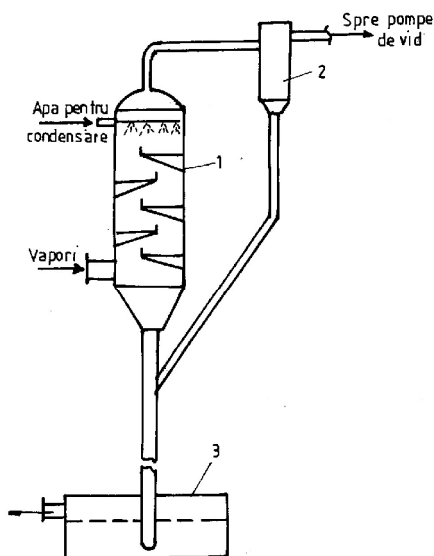


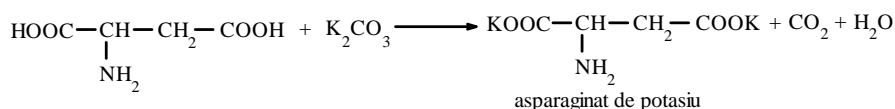
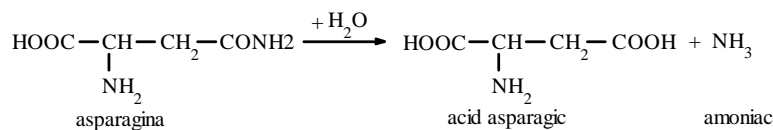
Fig. 5.2. Condensator barometric cu șicane:
1 – corp cilindro-conic; 2 – separator de picături; 3 – cadă barometrică.

5.2. MODIFICĂRILE ZEMII ÎN TIMPUL EVAPORĂRII

La concentrarea zemii subțiri au loc următoarele modificări:

- creșterea ușoară a purității, datorită descompunerii suferite de nezahăr, descompunere care conduce la depuneri pe țevile evaporatorului și la trecerea lor în apa de condens (antrenate de vaporii de apă) sau în gazele necondensabile (cele volatile);

- scăderea alcalinității zemii ca rezultat al descompunerii amidelor, descompunerii zahărului invertit cu formare de acizi humici și caramelizarea slabă a zaharozei;



• **modificarea conținutului de coloizi.** Coloizii din zeama de saturație II reprezintă 0,09% față de sfeclă. Prin acțiunea dintre aminoacizi și zahărul invertit se mărește cantitatea de coloizi colorați, care pot fi adsorbiți la suprafața cristalelor de zahăr la operația de cristalizare;

• **descompunerea zahărului și intensificarea colorației este în funcție de temperatura de evaporare și de pH-ul zemii;**

• **formarea de precipitate insolubile care se depun pe țevile evaporatoarelor. Cauzele formării de precipitate insolubile sunt:**

- creșterea concentrației zemii și inclusiv a sărurilor organice și anorganice, slab solubile, care se depun;
- scăderea solubilității sărurilor de calciu odată cu creșterea concentrației de zahăr a zemii;
- trecerea bicarbonaților în carbonați insolubili.

Depunerile pe țevi sunt dăunătoare datorită faptului că se micșorează transmiterea de căldură.

5.3. CALCULUL SIMPLIFICAT AL STAȚIEI DE EVAPORARE

Cantitatea de apă evaporată, este dată de relația:

$$W = G_1 - G_2$$

$$G_2 = G_1 \frac{b_1}{b_2}$$

în care: **W** – cantitatea de apă evaporată raportată la 100 kg sfeclă, [kg];

G₁ – cantitatea de zeamă subțire raportată la 100 kg sfeclă, [kg];

G₂ – cantitatea de zeamă groasă raportată la 100 kg sfeclă, [kg];

b₁ – concentrația zemii subțiri, [°Brix];

b₂ – concentrația zemii groase, [°Brix].

Calculul simplificat al stației de evaporare cu cinci corpuri:

a) *cantitatea totală de apă:*

$$W = G_1 \left(1 - \frac{b_1}{b_2} \right)$$

b) *cantitatea de abur, care intră în corpul 1 de evaporare:*

$$D_1 = D_c + E_4 + E_3 + E_2 + E_1$$

în care: D_1 – cantitatea de abur care intră în primul corp de evaporare, [kg];

D_c – cantitatea de abur la condensator, [kg];

E_1, E_2, E_3, E_4 – prelevările de abur de la corpurile de evaporare, [kg];

$$D_c = \frac{W - (E_1 + 2E_2 + 3E_3 + 4E_4)}{5}$$

c) cantitatea de apă evaporată, la fiecare corp, raportată la 100 kg sfeclă, [kg]:

$$\begin{aligned} W_1 &= D_1 \\ W_2 &= D_1 - E_1 \\ W_3 &= W_2 - E_2 \\ W_4 &= W_3 - E_3 \\ W_5 &= W_4 - E_4 \\ W_5 &= D_c \\ W_4 &= D_c + E_4 \\ W_3 &= D_c + E_4 + E_3 \\ W_2 &= D_c + E_4 + E_3 + E_2 \\ W_1 &= D_c + E_4 + E_3 + E_2 + E_1 \end{aligned}$$

d) concentrația zemii, în fiecare corp de evaporație:

$$\begin{aligned} Bx_1 &= \frac{G_1 \cdot b_1}{G_1 - W_1}, [^\circ Bx] \\ Bx_2 &= \frac{G_1 \cdot b_1}{G_1 - (W_1 + W_2)}, [^\circ Bx] \\ Bx_3 &= \frac{G_1 \cdot b_1}{G_1 - (W_1 + W_2 + W_3)}, [^\circ Bx] \\ Bx_4 &= \frac{G_1 \cdot b_1}{G_1 - (W_1 + W_2 + W_3 + W_4)}, [^\circ Bx] \\ Bx_5 &= \frac{G_1 \cdot b_1}{G_1 - (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)}, [^\circ Bx] \end{aligned}$$

FIERBEREA ȘI CRISTALIZAREA ZAHĂRULUI

6.1. CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND FIERBEREA ȘI CRISTALIZAREA

Fierberea este operația prin care zeama groasă obținută la evaporare (concentrare) cu 60...65°Brix, se concentrează până la 90...93 °Brix, în care

caz se obține o masă groasă, care reprezintă, o suspensie de cristale de zahăr într-un sirop mamă. Siropul mamă conține în soluție tot nezahărul aflat în zeama groasă, precum și o parte din zahărul pe care impuritățile îl mențin necristalizabil. Siropul mamă sau siropul de scurgere, este un sirop intercrystalin cu puritate inferioară masei groase.

Cristalizarea zaharozei (zahărului), are loc concomitent cu fierberea atunci când zeama atinge o anumită suprasaturație. Coeficientul real de suprasaturație este de $\alpha \approx 1,05 \dots 1,10$. Rezultă că, fierberea trebuie să se facă în interiorul așa numitei zone metastabile, respectiv între $\alpha = 1,0$ și $1,2$, când se amorsează cristalizarea prin introducerea de „centri” de cristalizare și între $\alpha = 1,2$ și $1,3$, când se formează germeni de cristalizare spontan. Suprasaturația se stabilește prin îngroșarea zemii până la „proba de fir”.

La cristalizarea prin „amorsare” cu germeni de cristalizare, numărul de germeni de cristalizare introduși este de $10^6 \dots 10^8$ / 100 l masă groasă. După însămânțare, are loc creșterea cristalelor de zahăr, având ca „pornire” germenii de cristalizare introduși, germeni pe care se depune zaharoza din soluția suprasaturată, sub influența unui gradient de concentrație în $c_2 > c_1$ (c_2 – concentrația zaharozei în soluția suprasaturată, iar c_1 – concentrația zaharozei în soluția aflată la suprafața germenului).

Viteza de creștere a cristalelor de zahăr, respectiv viteza de depunere a zaharozei pe gemenele de cristalizare este dată de relația:

$$K = \frac{\Delta G}{S \cdot \tau};$$

$$K = \frac{mg}{\text{min} \cdot m^2}$$

în care: ΔG – variația masei cristalului, [mg];

S – suprafața cristalelor, [m²];

τ – timpul, [min].

Viteza de cristalizare, reprezintă deci, cantitatea de zahăr [mg], care cristalizează într-un minut pe o suprafață de 1 m².

Viteza de cristalizare este influențată de următorii factori:

- gradul de suprasaturație al soluției de zahăr (masei groase), care trebuie menținut la o anumită valoare, pentru a nu se forma în mod spontan noi centri de cristalizare, ceea ce ar conduce la o cristalizare neuniformă, deci la formarea de cristale cu diferite dimensiuni;

- temperatura, care influențează indirect viteza de cristalizare, prin faptul că micșorează vâscozitatea masei groase, deci favorizează mișcarea moleculelor de zaharoză;

- puritatea masei groase: cu cât puritatea este mai mare cu atât viteza de creștere a cristalelor de zahăr este mai mare, existând o corelație între puritate, coeficientul de saturație și viteza de creștere a cristalelor de zahăr (tabelul 6.1.).

Tabelul 6.1.

Corelația dintre puritate și coeficientul de saturație

Puritatea,	Coeficientul de saturație
------------	---------------------------

Q	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21
100	1120	2360	4050	6900	-	-	-
92	620	1540	2390	2850	3300	3750	4180
80	235	415	580	710	840	975	1105

Influență pozitivă, asupra vitezei de cristalizare, o au și:

- agitatea, care ușurează deplasarea moleculelor de zaharoză spre cristal;

- mărimea, și deci suprafața germenilor de cristalizare;

- timpul: cantitatea de zaharoză depusă pe cristale variază cu pătratul timpului.

Influență negativă, asupra vitezei de cristalizare, o are:

- alcalinitatea prea mare a masei groase (reacția trebuie să fie neutră).

Scheme de fierbere și cristalizare

Aparatele de fierbere a zemii groase sunt:

- aparate de fierbere verticale cu funcționare discontinuă;

- aparate de fierbere cu funcționare continuă.

Frecvent se utilizează aparatele de fierbere sub vacuum cu circulație mecanică a zemii groase (vezi figura 6.1.).

În acest aparat, concentrarea finală a masei, se poate face până la 95...96°Brix, pentru a avea cât mai puțin zahăr în siropul intercristalin, deci pierderi de zahăr în melasă cât mai mici. Fierberea poate dura 8...16 ore.

După fierbere la Brixul dorit, masa groasă este descărcată într-un malaxor cristalizator, amplasat sub aparatul de fierbere. Malaxorul cristalizator este răcit artificial. În malaxorul cristalizator masa groasă se răcește și zahărul cristalizează.

Răcirea trebuie astfel condusă încât siropul mamă (intercristalin) să fie suprasaturat ($\alpha = 1,1$). Răcirea finală se face până la 35°C, iar înainte de centrifugare masa fiartă (masa groasă) se încălzește la 40...45°C, astfel încât siropul intercristalin să devină o soluție saturată cu $\alpha = 1,0$ vâscozitatea fiind mai mică cu 20 – 30%.

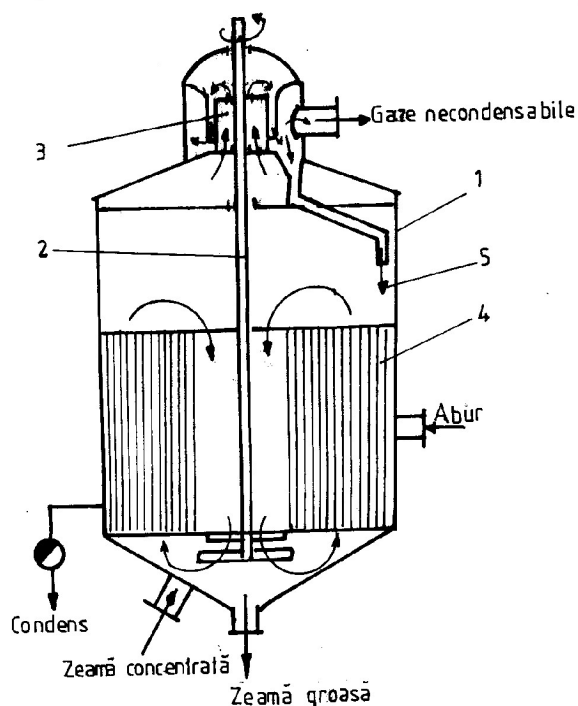


Fig. 6.1. Fierbător sub vid, cu agitator:
1 – corp; 2 – ax cu palete; 3 – separator de picături; 4 – țevi de fierbere; 5 – cameră de fierbere.

6.2. RAFINAREA ZAHĂRULUI

Rafinarea zahărului, reprezintă operațiile prin care se îndepărtează impuritățile reținute la suprafața cristalelor de zahăr, prin adsorbțiune sau includere (incluziuni solide sau lichide). Datorită impurităților se obține zahăr cu cristale neuniforme, unele deformate și o colorație destul de intensă.

Îndepărtarea impurităților se face prin:

- operația de afinație a zahărului brut;
- dizolvare și recristalizare, după o prealabilă decolorare și filtrare a clerselor.

Afinația, este metoda de purificare a zahărului, prin care se înlocuiește, mecanic, pelicula de sirop intercrystalin aderentă pe cristale, care nu se îndepărtează la centrifugare, cu o peliculă de sirop cu puritate mai mare decât siropul intercrystalin aderent. Afinația decurge în două etape:

a) *etapa de obținere a masei artificiale*, în care caz, zahărul se amestecă într-un malaxor special cu sirop încălzit la 85...90°C, cu o puritate mai mare decât a siropului mamă (intercrystalin).

b) *centrifugarea masei artificiale în centrifuge*, cu care ocazie se poate face și o albire cu apă sau abur.

Condițiile în care are loc operația de afinare sunt:

- Brixul masei groase trebuie să fie cât mai ridicat (90...92°Brix), evitându-se astfel dizolvarea zahărului;
- amestecarea masei groase în malaxor trebuie să dureze mai mult de o oră;
- înainte de centrifugare masa artificială se aduce la 88...90 °Brix, prin adaos de sirop, care nu trebuie să depășească 25% față de greutatea zahărului supus afinării;
- siropul adăugat, trebuie să aibă temperatura de 85...90°C, astfel încât, masa artificială să aibă o temperatură cât mai ridicată, ceea ce favorizează centrifugarea.

Obținerea clerelor (clerselor) purificate. Se obțin prin dizolvarea zahărului galben, sau zahărului afinat, în apă de condens sau într-o zeamă subțire bine purificată.

Temperatura clerei (clerseii), trebuie să ajungă la 80...90°C, iar Brixul la 65°Bx. Operația de dizolvare are loc în vase cu agitator și serpentine de încălzire.

Clerele (clersele) se decolorează cu:

- cărbune de oase (cărbune animal);
- cărbune activ vegetal adăugat în proporție de 0,8% față de substanța uscată.

După amestecare, clera (clersa) se filtrează în filtre cu discuri sau filtre cu lumânări. Purificarea clerelor (clerselor) se poate face și cu ajutorul schimbătorilor de ioni.

6.3. SCHEME DE OBȚINERE A ZAHĂRULUI RAFINAT

În fabricile de zahăr, se folosesc mai multe scheme de obținere a zahărului rafinat, și anume:

- scheme de fierbere – cristalizare cu patru produse (fig. 6.2.);
- scheme de fierbere – cristalizare cu patru produse și picior de cristal (fig. 6.3).

La toate schemele menționate se observă că intervine și operația de centrifugare.

De la centrifugare se obține:

- zahărul cristal cu 0,5% umiditate;
- siropul verde;
- siropul alb rezultat din spălarea zahărului cristale cu apă (70...80°C) sau abur.

Centrifugele utilizate în industria zahărului pot fi cu funcționare periodică (verticale, suspendate) și cu funcționare continuă (orizontale și verticale) (fig. 6.4).

Principiul centrifugării

La rotirea tamburului ia naștere o forță centrifugă (F_c):

$$F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

Dacă $\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$ și $m = \frac{G}{g}$; atunci: $F_c = \frac{G}{g} \cdot \frac{\pi^2 \cdot n^2}{900} \cdot r$.

Considerând: $\frac{\pi^2}{g} = 1$, atunci $F_c = \frac{n^2 \cdot r}{900}$.

Oricare centrifuge se caracterizează prin factorul de separare Z:

$$Z = \frac{\omega^2 \cdot r}{g} \text{ sau } Z = \frac{r \cdot n^2}{900}$$

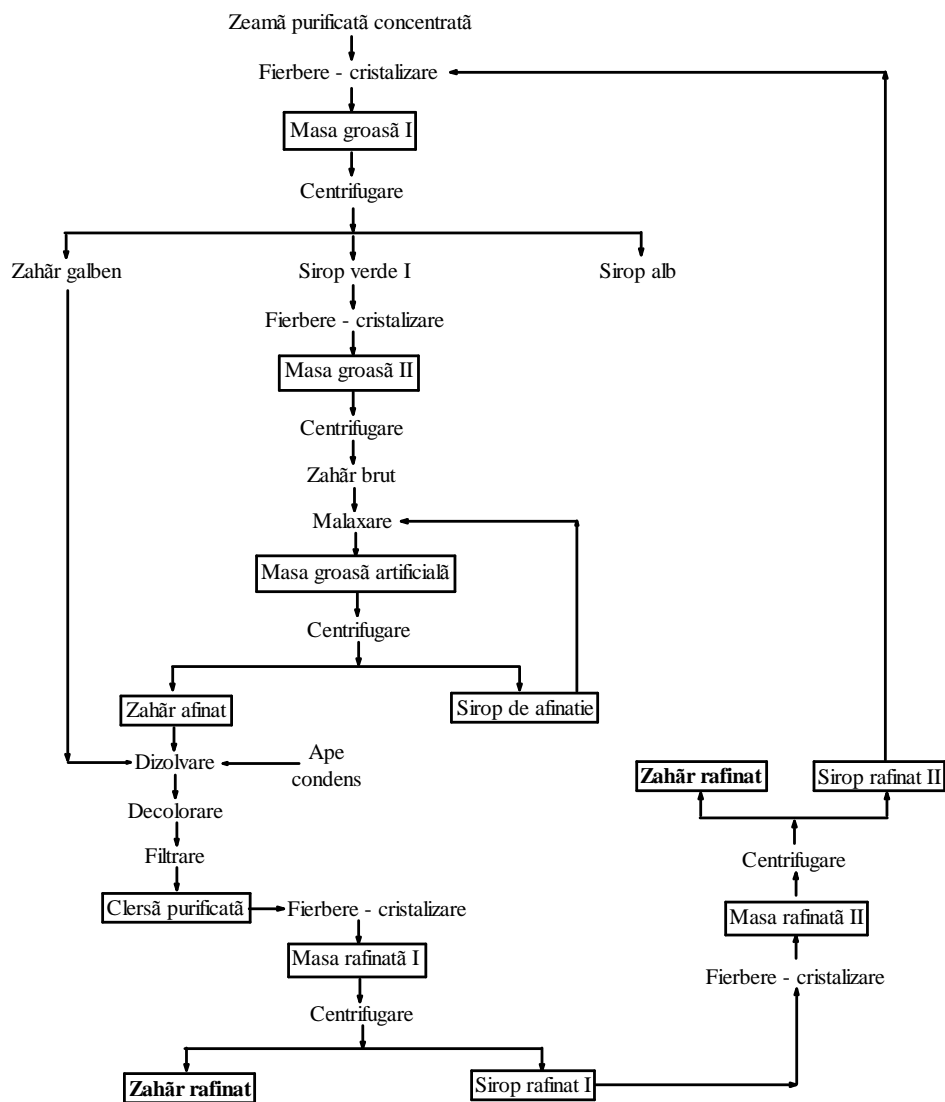


Fig. 6.2. Schema de fierbere și cristalizare cu patru produse.

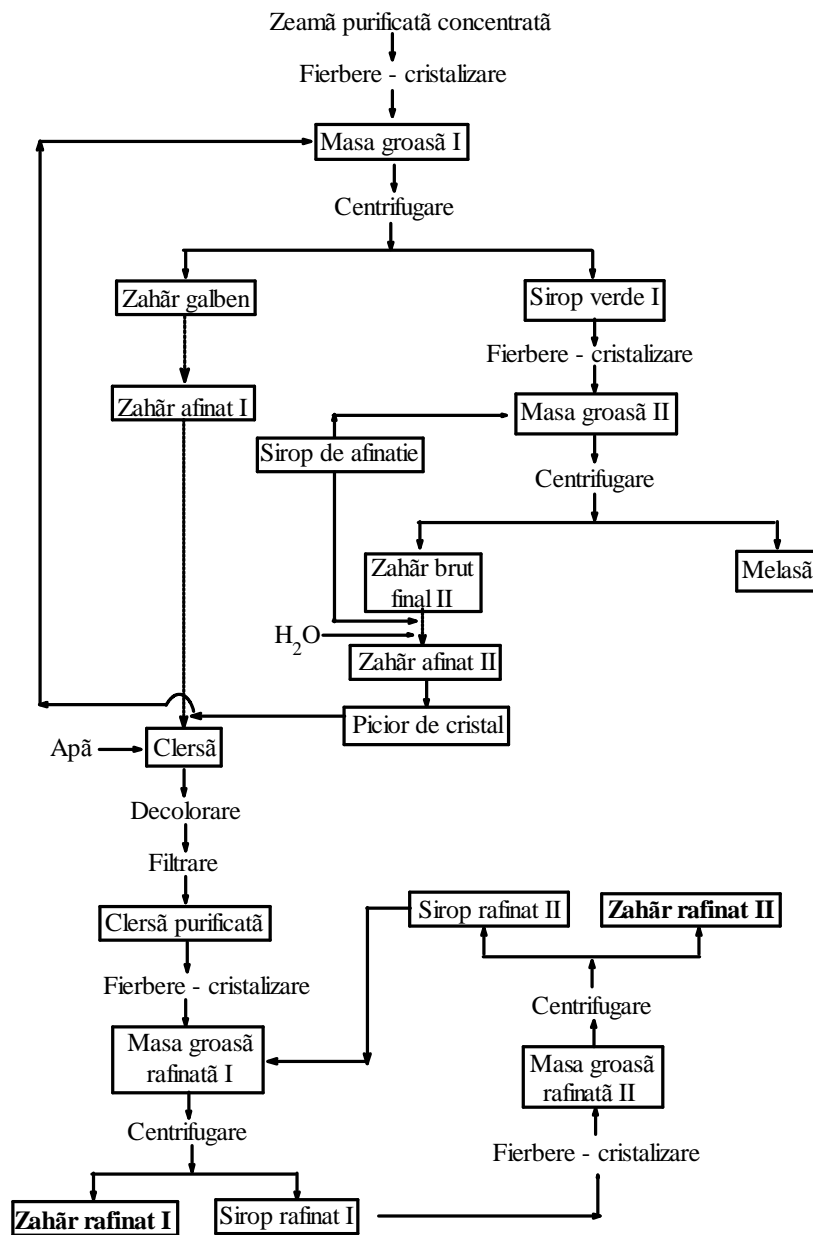


Fig. 6.3. Schema de fierbere și rafinare cu patru produse și picior de cristal.

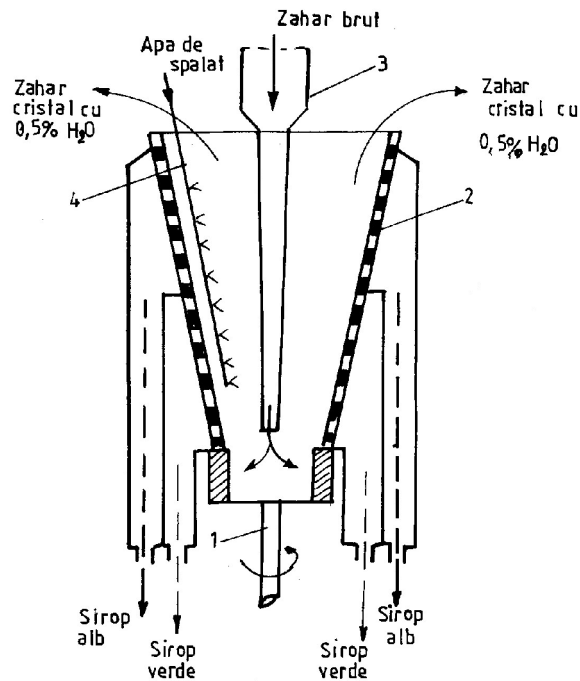


Fig. 6.4. Centrifugă verticală pentru obținerea zahărului cristal:
 1 – ax vertical; 2 – tambur conic; 3 – conductă de alimentare; 4 – conductă pentru apa de spălare. Siropul alb rezultă din spălarea zahărului cristal cu apă sau abur. Apa are 70...80°C și este pulverizată.

Centrifugele din industria zahărului au $Z = 650...1500$, iar turația centrifugelor este de 1000 rot/min, pentru centrifuge cu funcționare periodică și 2500 rot/min pentru centrifuge cu funcționare continuă-verticale.

Productivitatea centrifugei cu funcționare discontinuă este:

$$G \max = \frac{G_1 \cdot 60}{\tau} = \frac{V_1 \cdot \gamma \cdot 60}{\tau}$$

în care: V_1 = volumul șarjei, [m³];

γ = greutatea specifică a materialului, [kg/m³];

τ = durata ciclului de centrifugare, [min].

Pentru o centrifugă cu diametrul 1200 mm, care centrifughează masa groasă I, durata ciclului cuprinde:

- pornirea și încărcarea 25 s.
- centrifugare sirop verde 70 s.
- albire cu apă 35 s.
- albire cu abur 150 s.
- frânare și descărcare 70 s.

Total 350 s.

PRELUCRAREA ZAHĂRULUI UMED

7.1. TRANSPORTUL ȘI SORTAREA ZAHĂRULUI

Zahărul, obținut de la centrifuge, trebuie uscat și pentru aceasta trebuie transportat la uscător, transport care se poate realiza cu un transportor oscilant, care joacă și rol de sortator.

Transportorul oscilant (fig. 7.1) este alcătuit dintr-o bandă-jgheab cu fund plat, susținută de arcuri înclinate și flexibile. Mișcarea oscilatorie este primită de la un mecanism bielă-manivelă. Cristalele de zahăr se deplasează prin salturi, ajungând la capătul transportorului de unde este preluat de un elevator care le ridică la uscător.

Jgheabul are lățimea de 400...1000 mm și înălțimea marginilor de 200...300 mm. Numărul de oscilații este de 300...400 pe minut. În timpul transportului zahărul se răcește și începe să se usuce. Pe transportor, zahărul se deplasează cu 0,15 – 0,21 m/s în strat de 0,03 – 0,05 m.

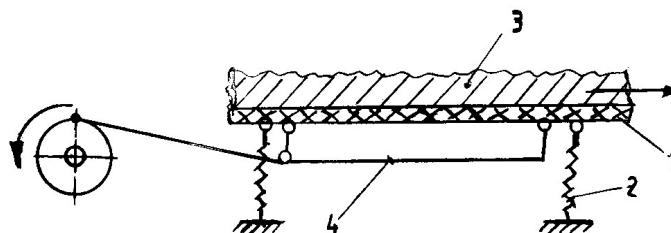


Fig. 7.1 Transportor oscilant:

1 – bandă; 2 – arcuri; 3 – strat de zahăr; 4 – mecanism bielă-manivelă.

Elevatorul de ridicare a zahărului la uscător este un elevator cu cupe fixate pe două lanțuri sau pe o bandă de cauciuc. Distanța dintre două cupe este de 0,4...0,6 m, coeficientul de umplere al cupelor ($\mu = 0,75$), iar viteza de deplasare a benzii (lanțurilor) cu cupe ($v = 1,5$ m/s). La transportul zahărului, cu transportorul oscilant și elevatorul cu cupe se are în vedere o masă volumetrică a zahărului de 800 kg/m^3 .

7.2. USACREA ZAHĂRULUI

7.2.1. CONSIDERAȚII GENERALE ASUPRA USCĂRII

Uscarea este operația prin care se realizează îndepărtarea apei dintr-un produs (transfer de umiditate) concomitent cu transferul de căldură. Îndepărtarea apei din interiorul produsului spre suprafață are loc prin difuzie, iar de la suprafața liberă a produsului spre agentul vehiculator, prin evaporare la suprafață, aceasta fiind condiționată de doi factori importanți:

- diferența de presiuni parțiale între suprafața produsului și mediul în care se face difuzia apei;

- existența unei suprafețe cât mai mari de difuzie și evaporare a apei.

Factorii care influențează uscarea sunt următorii:

- natura produsului supus uscării: interesează structura produsului, poroasă sau capilară;
- felul cum se prezintă apa: apă legată chimic, apă capilară etc.
- forma și dimensiunile produsului: produsele mărunțite au suprafața liberă specifică mare și grosimea mică, ceea ce favorizează uscarea;
- temperatura și umiditatea agentului de uscare: aerul cu umiditate mică și temperatura mare se poate încălzi cu umiditate multă de la suprafața produsului și pentru ca aerul să fie refolosit este supus unei încălziri la $x = ct$.
- sensul de deplasare și viteza aerului: la uscarea în contracurent este posibilă trecerea unei cantități mai mari de umiditate în aer, viteza de deplasare a aerului trebuind să fie corelată cu viteza de difuzie și cu cea de evaporare a apei din produs.

7.2.2. USCAREA ZAHĂRULUI

Pentru ca zahărul să poată fi păstrat fără riscul aglomerării sale este necesar ca umiditatea să fie mai mică de 0,05%, pH-ul de aproximativ 8,0, să nu conțină zahăr invertit care este higroscopic, să fie răcit până la temperatura de 25°C și să nu conțină praf de zahăr.

Cristalele de zahăr care ies din centrifugă, se caracterizează prin:

- umiditate de 0,5% pentru cele cu dimensiuni de 1...1,5 mm;
- umiditate de 2,0% pentru cele cu dimensiuni de 0,25...0,3 mm.

Umiditatea cristalelor de zahăr se află sub următoarele forme:

- formă legată, asemenea unui film de sirop suprasaturat pe suprafața cristalelor;
- ca umiditate internă, moleculele de apă fiind incluse în structura cristalelor;
- ca umiditate liberă, în siropul ce înconjoară cristalul de zahăr.

La uscare se îndepărtează în primul rând umiditatea liberă, apoi umiditatea din filmul suprasaturat, astfel încât zahărul din această peliculă se concentrează și cristalizează sub formă amorfă. Umiditatea internă nu poate fi eliminată decât dacă zahărul este măcinat.

Pentru a se elimina umiditatea și a se realiza transferul de căldură este necesar ca între zahăr și aerul cald să existe o diferență de umiditate și de temperatură, viteza de uscare depinzând de caracteristicile zahărului și ale aerului cald.

7.2.3. INSTALAȚII DE USCARE

Pentru zahărul în cristale mai mari de 1 mm se folosește uscătorul turn, în contracurent (figura 7.2). Pentru zahărul în cristale mijlocii de 0,5...1 mm se utilizează uscătorul turbină (figura 7.3), care prezintă următoarele avantaje: asigură păstrarea luciului și a calității cristalelor; procesul de uscare este intens; consumul de energie este redus.

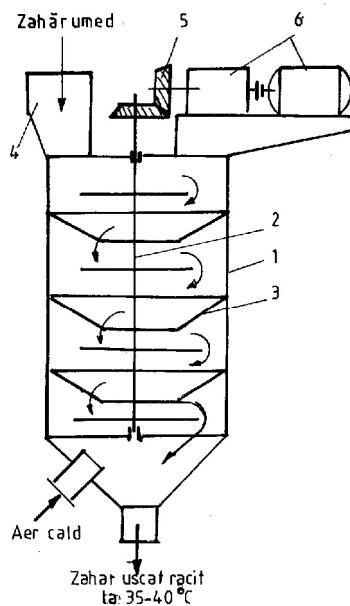


Fig 7.2 Uscător-turn pentru zahăr:
1 – corpul uscătorului; 2 – ax cu discuri; 3 – șicane; 4 – gură de încărcare; 5 – angrenaj cu roți dințate; 6 – grup motoreductor.

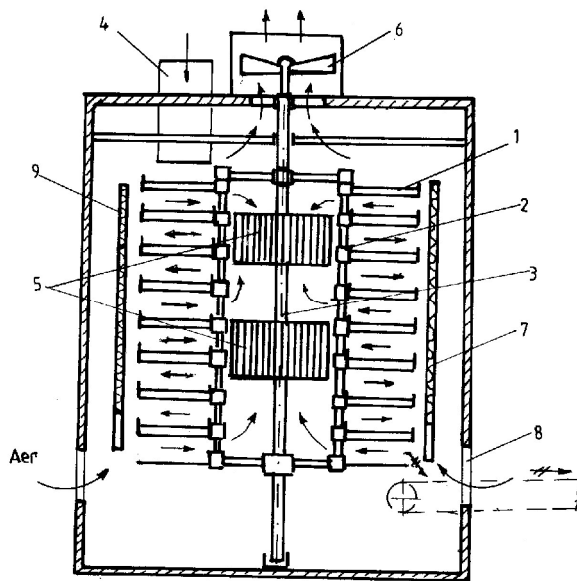


Fig.7.3. Uscător turbină:
1 - discuri inelare; 2 – suporturi pentru discurile inelare, suporturi ce se rotesc în jurul axului central 3, cu 1/3 ... 1/4 rot/min; 3 – ax central; 4 – gură de alimentare; 5 – ventilatoare fixate pe axul 3; 6 – ventilator de aspirație aer saturat; 7 – radiatoare de încălzire aer; 8 – canale admisie aer proaspăt; 9 – transportor evacuare zahăr uscat-

răcit (săgețile continui semnifică circulația aerului; săgețile barate reprezintă traseul zahărului).

Pentru uscarea cristalelor fine se utilizează uscătorul cu tambur rotativ, înclinat față de orizontală cu 4...6 %, care se rotește cu 3...5 rot/min. Uscătorul are lungimea de 3 – 4m și diametrul (Φ) de 1,5 – 2 m și este prevăzut cu palete curbate interioare fixate pe peretele tamburului. Aproape de evacuare, peretele plin al tamburului, pe o lungime de 0,5 m este înlocuit cu site pentru cernerea zahărului uscat în contracurent cu aer cald (figura 7.4).

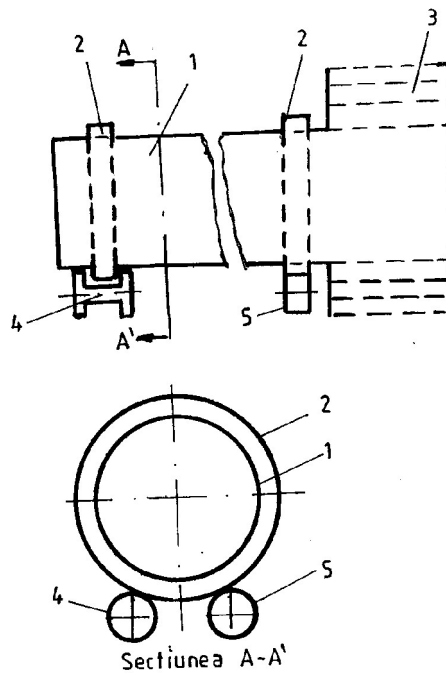


Fig. 7.4. Uscător tambur:

1 – corp cilindric; 2 – bandaje; 3 – site; 4 – rolă de ghidare; 5 – rolă de susținere.

7.2.4. SORTAREA ZAHĂRULUI

Această operație, are loc după uscare-răcire și are drept scop de a sorta cristalele de zahăr după mărime.

Pentru sortare se utilizează:

Transportorul oscilant, asemănător cu cel folosit la transportul zahărului umed la uscare. Suprafața pe care se deplasează zahărul este constituită din:

- site cu ochiuri de 0,3 – 0,7 mm (primul rând);
- site cu ochiuri de 0,7 – 1,5 mm (al doilea rând);
- site cu ochiuri de aproximativ 3 mm pentru cristalele mari.

Site vibratoare, care reprezintă un set de site suprapuse montate în rame, cu înclinație de 20° față de orizontală. Sitele au mișcare vibratorie.

7.2.5. SEPARAREA PRAFULUI DE ZAHĂR

Pentru separarea prafului de zahăr ce se formează la uscare, și sortare, din aerul încărcat cu acest praf, se utilizează:

- separatoare umede (figura 7.5);
- cicloane (figura 7.6);
- filtre cu saci închise.

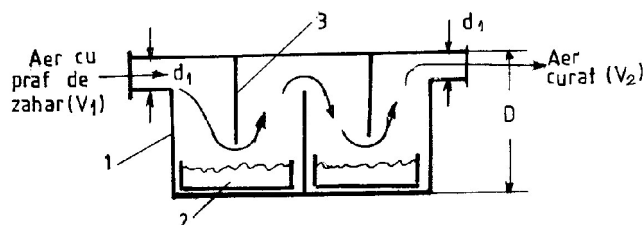


Fig. 7.5. Schiță de principiu a decantorului umed:
1 – corpul decantorului; 2 – vas cu apă; 3 – șicane.
 $v_1 > v_2$; $D > d_1$.

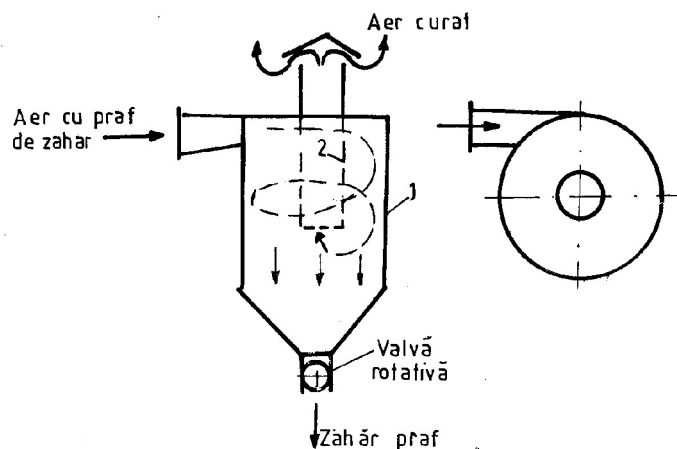


Fig. 7.6. Ciclone de separare zahăr din aer cu praf de zahăr:
1 – corpul cilindro-conic; 2 – conductă centrală de evacuare a aerului curat.

7.2.6. DEPOZITAREA ZAHĂRULUI ÎN VRAC

Depozitarea zahărului în vrac se face în silozuri, de regulă, sub formă de turn, cu capacitate mare de însilozare (20000 t). Asemenea turnuri au diametrul interior de 35 m, înălțimea de 27 m și grosimea peretelui de 26 cm. Înălțimea zahărului în siloz este de aproximativ 23,5 m (fig. 7.7).

Acoperișul, fundul și pereții silozului sunt izolați contra căldurii și umezelii și sunt prevăzuți cu instalație de condiționare a aerului. Pereții

silozului sunt din beton comprimat și sunt străbătuți de canale (420 canale) cu diametrul de 7,5 cm (prin care circulă aerul cald). Fundul silozului este o placă de beton armat, de 20 cm și este de asemenea străbătut de canale, pentru aerul cald (totalitatea lungimilor canalelor însumează 4,5 km).

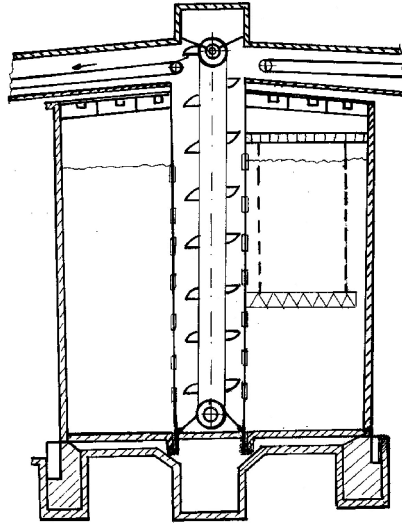


Fig. 7.7. Siloz-turn pentru depozitarea zahărului.

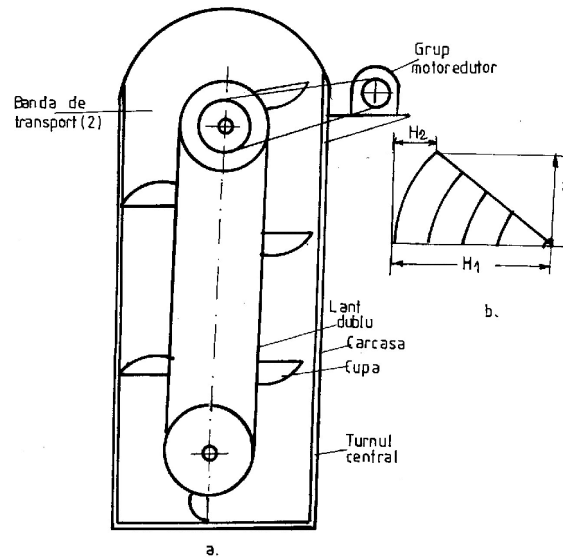


Fig. 7.8. Elevator vertical cu cupe:
 a - schema de principiu; b - forma cupei și dimensiunile ei.
 $H_1 = 106 \dots 5000$ mm; $H_2 = 106 \dots 256$ mm; $a = 100 \dots 400$ mm.

Zahărul este adus în siloz cu ajutorul unui transportor cu bandă, montat în pasarele metalice izolate, și cade pe un pod rotativ care se sprijină

pe turnul central al silozului, cu diametrul de 4 m, și în jurul căruia se rotește. La umplerea silozului, podul, se rotește cu 2 rot/oră, lăsându-l să cadă uniform prin intermediul a 12 defletoare distribuitoare. Podul rotativ, poate fi ridicat / coborât pe întreaga înălțime a turnului central. Sub pod, există un transportor elicoidal deschis, care se învâрте odată cu acesta. La încărcarea silozului melcul ajută la distribuirea zahărului în siloz, rotindu-se într-un sens, iar la descărcare (sens de mișcare invers), aduce zahărul către turnul central. La descărcare, zahărul pătrunde în turnul central prin clapete montate pe toată înălțimea, care se deschid consecutiv de sus în jos. Odată ajuns în turnul central, zahărul este preluat de un elevator cu cupe (fig. 7.8) ce îl descarcă în banda de evacuare, montată tot la partea superioară a silozului, care transportă zahărul la magazia de însăcuire / ambalare.

Sunt construite și silozuri cu descărcare pe la partea inferioară, prin intermediul unor clapete, zahărul fiind preluat de un transportor bandă.

7.2.7. DEPOZITAREA ZAHĂRULUI AMBALAT ÎN SACI

Zaharul care se ambalează în saci de iută de 100 kg, sau saci de hârtie de 50 și 25 kg, se depozitează în magazii construite din materiale rezistente la foc și bine izolate termic și împotriva umezelii.

În magazie, sacii se așează în stive cu 15...20 saci pe înălțime. Stivele se construiesc pe grătare de lemn. Stivuirea, se face pe direcție longitudinală și apoi transversală, asigurându-se astfel, soliditatea stivelor și circulația aerului. Stivuirea, se face mecanizat, cu ajutorul electrostivuitoarelor. Aerul din magazie, trebuie condiționat, pentru a se evita absorbția de umiditate, și deci, aglomerarea zahărului, respectiv, favorizarea dezvoltării microorganismelor, care pot conduce la invertirea zaharozei, și respectiv, la producerea de polizaharide cu aspect mucilaginos.

7.2.8. CALCULE TEHNOLOGICE SIMPLIFICATE PRIVIND USCAREA ZAHĂRULUI

Cantitatea de zahăr (G_u) complet uscat, **neținând seama de pierderi**:

$$G_u = G_1 \cdot \frac{100 - W_1}{100} = G_2 \cdot \frac{100 - W_2}{100}$$

unde:

$$G_1 = G_2 \cdot \frac{100 - W_2}{100 - W_1}$$

$$G_2 = G_1 \cdot \frac{100 - W_1}{100 - W_2}$$

în care: G_1 – este cantitatea de material umed care intră în uscător, [kg/h];

G_2 – cantitatea de material uscat care iese din uscător, [kg/h];

W_1 – umiditatea materialului înainte de uscare, [%];

W_2 – umiditatea materialului după uscare, [%].

Cantitatea de apă evaporată la uscare:

$$W = G_1 - G_2$$

$$W = G_1 - G_1 \cdot \frac{100 - W_1}{100 - W_2}$$

$$\text{sau } W = G_1 \left(\frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \right)$$

$$\text{sau } W = G_2 \cdot \frac{100 - W_2}{100 - W_1} - G_2$$

$$\text{sau } W = G_2 \left(\frac{W_1 - W_2}{100 - W_1} \right)$$

Consumul de aer, **considerând un uscător fără pierderi.**

Umidități intrate în uscător:

- cu materialul ce se usucă: $G_1 \frac{W_1}{100}$

- cu aerul: Lx_1

Total: $G_1 \frac{W_1}{100} + Lx_1$

Umidități ieșite din uscător:

- cu materialul uscat: $G_2 \frac{W_2}{100}$

- cu aerul: Lx_2

Total: $G_2 \frac{W_2}{100} + Lx_2$

În absența pierderilor: $G_1 \frac{W_1}{100} + Lx_1 = G_2 \frac{W_2}{100} + Lx_2$

Umiditatea îndepărtată în uscător din materialul care se usucă:

$$W = G_1 \frac{W_1}{100} - G_2 \frac{W_2}{100}$$

$$W = L(x_2 - x_1)$$

De unde: $L = \frac{W}{x_2 - x_1}$, [kg/h]

Consumul specific de aer:

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1}{x_2 - x_1}$$
, [kg/kg umiditate]

Considerând $x_2 = x_0$ (aerul care trece prin radiator nu absoarbe sau cedează umiditate) atunci:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0}$$
, [kg/kg umiditate]

în care: L – cantitatea de aer complet uscat care trece prin uscător, [kg/h];
 x_0 – conținutul de umiditate al aerului la trecerea prin radiator, [kg/kg aer uscat];
 x_1 – conținutul de umiditate al aerului la intrarea în uscător, [kg/kg aer uscat];
 x_2 – conținutul de umiditate al aerului la ieșirea din uscător, [kg/kg aer uscat].

Zahărul cristal uscat are polarizația 99,75% și umiditatea de 0,06%.

Rezumând tehnologia de fabricare a zahărului din sfeclă, putem arăta că această este mai mult un proces bazat pe operații fizice și fizico-chimice, aspectul microbiologic referindu-se la posibilitățile de infectare în diferite faze tehnologice.

Linia tehnologică de fabricație a zahărului din sfeclă este arătată în fig.

7.9.

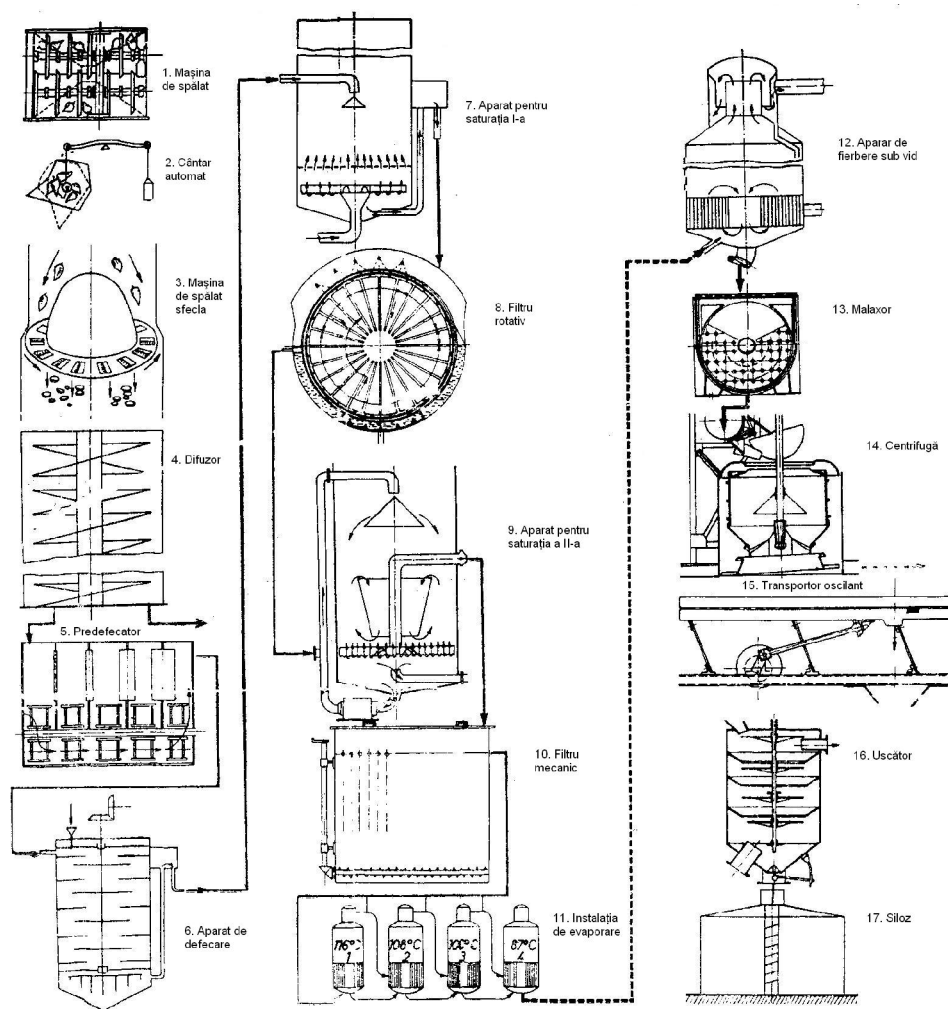


Fig. 7.9. Linia tehnologică de fabricație a zahărului din sfeclă.
OBȚINEREA ZAHĂRULUI CUBIC

Zahărul cubic, se obține din clerse purificate, conform schemei tehnologice prezentate în figura 8.1. Se observă din schemă că se obține concomitent și zahăr tos.

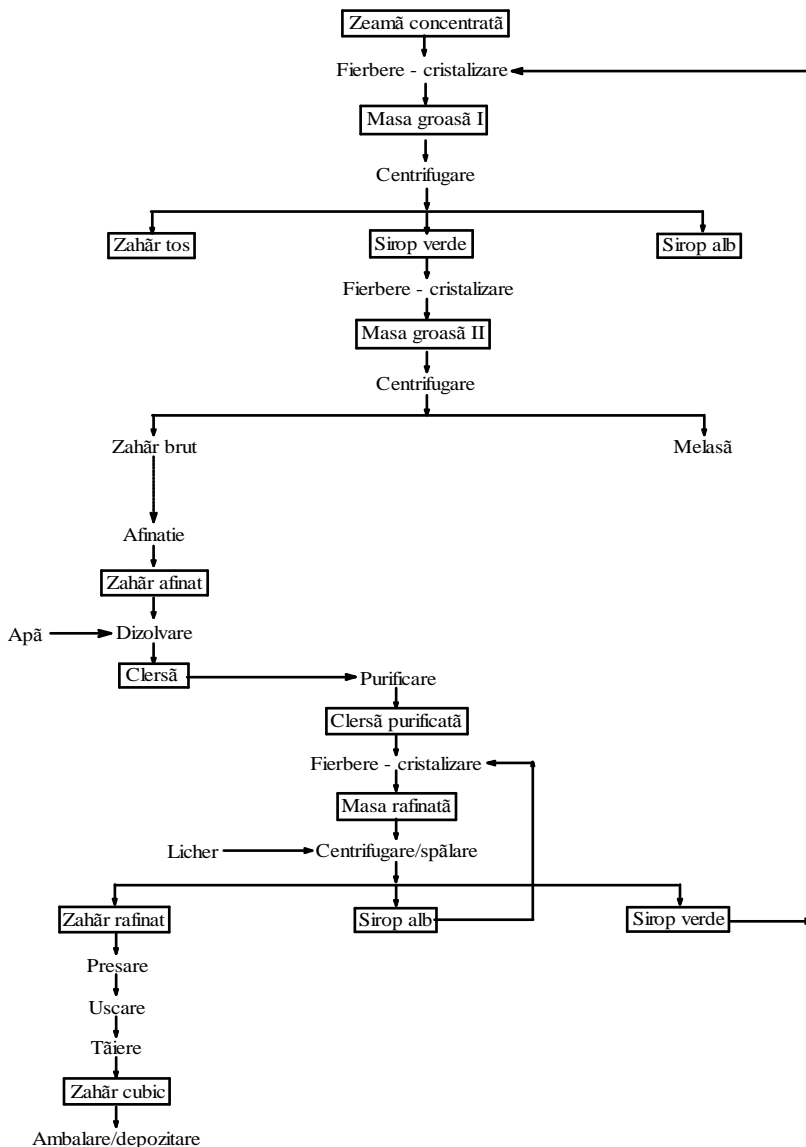


Fig.8.1. Schema tehnologică de obținere a zahărului cubic.
 Clersa se obține din zahăr galben sau zahăr afinat.

La fierberea clersei purificate, în vederea obținerii masei groase I, trebuie avut în vedere următoarele:

- camera de fierbere a aparatului trebuie să fie menținută permanent acoperită de produs, pentru a se evita caramelizarea;
- însămânțarea se face cu aproximativ 2 kg zahăr pudră, pentru a se obține cristale mici;
- se menține o suprasaturație de 1,01...1,05;
- temperatura de fierbere, în prima perioadă, este de 80...85°C, iar vidul 400 – 500 mmHg. În partea a doua temperatura se reduce la 70...72°C;
- în timpul fierberii, se adaugă ultramarin, iar pentru decolorare se adaugă hidrosulfat.

Centrifugarea masei groase se face în centrifuge cu site având orificii de 0,3 mm. Spălarea cristalelor se face cu clersă de spălare numită licher. Umiditatea zahărului supus presării este de 2 – 3%.

Pentru presare în vederea obținerii zahărului cubic se folosesc mașini de presat, cu placă rotundă, tip Psyllas și agregate cu funcționare continuă, tip Chambon.

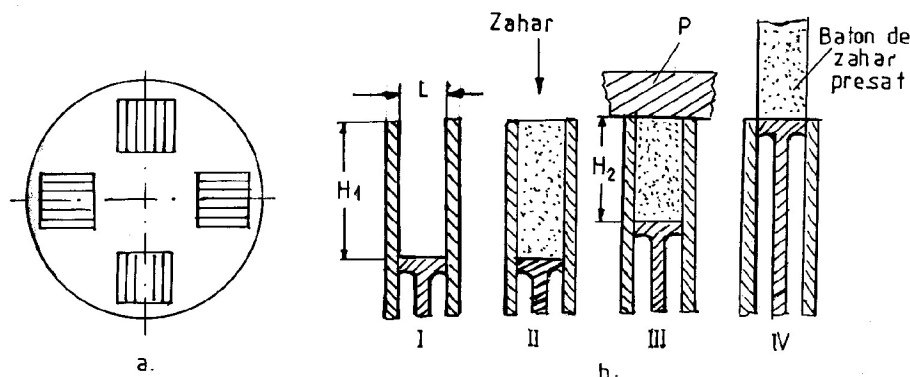


Fig. 8.2. Presarea zahărului în vederea obținerii zahărului cubic:

a – masa preseii Psyllas; *b* – ciclul de presare: *I* – pistonul în poziția inferioară; *II* – umplerea matriței; *III* – presarea; *IV* – scoaterea batonului din matrițe; H_1 – înălțimea inițială a pistonului față de marginea matriței; H_2 – înălțimea după presare; *P* – contraplastă.

Presă tip Psyllas, este alcătuită dintr-o masă rotundă, prevăzută cu 4 matrițe fixate simetric față în față (fig. 8.2.a). Matrița este confecționată din alamă și este împărțită în compartimente prin pereți cu grosimea de 3 mm, distanța dintre pereți fiind 23 mm, care reprezintă mărimea laturii batonului.

În golurile matriței se mișcă niște pistoane, a căror porțiune superioară este formată din plăcuțe de alamă, care formează fundul matriței. Prin deplasarea acestor pistoane se realizează comprimarea zahărului față de o contraplastă (*P*), care se află deasupra mesei rotunde. Masa rotundă se învârtă cu 6...8 rot/minut, la fiecare rotație cu 90° făcând o oprire de 1...1,5 secunde, timp în care în fiecare matriță are loc o operație a ciclului de presare (figura 8.2.b).

Când pistonul se află la partea inferioară, la o rotație cu 90°, spațiul gol se umple cu zahăr, adus dintr-un alimentator, după o altă rotație cu 90°, se face presarea prin ridicarea pistonului cu distanța $H_1 - H_2$, astfel încât H_2 să fie egală cu latura batonului pentru a se obține o secțiune pătrată. După o

nouă rotire cu 90° batonul este împins în afara matriței și este luat de un dispozitiv care-l așează pe un grătar. Din fiecare matriță ies 8 batoane, deci din cele 4 matrițe vor ieși 24 de batoane. Grătarele cu batoane se așează pe rastele cărucioare, care se introduc în uscătoare la care aerul are temperatura de 70°C. După uscare, batoanele se taie în bucăți, prin lovire instantanee între două cuțite.

RAFINAREA ZAHĂRULUI BRUT DIN TRESTIE DE ZAHĂR

9.1. MATERIA PRIMĂ

Materia primă, în acest caz, o constituie zahărul brut din trestia de zahăr care are caracteristicile prezentate în tabelul 9.1.

Zahărul brut din trestie prezintă caracteristicile senzoriale și fizico-chimice menționate în tabelul 9.1.

Tabelul 9.1.

Caracteristicile senzoriale și fizico-chimice ale zahărului brut din trestie

Indicatorul	UM	Valori medii pentru zahărul brut		
		Calitate inferioară	Calitate medie	Calitate superioară
Culoare	-	Galben - roșcat		
Aspect	-	Granulație mare, cristale dure, uniforme, fără aglomerări		
Gust și miros	-	Gust dulce, fără gust și miros străin în stare uscată sau în soluție		
Zaharoză	% față de s.u.	≥ 96,5	≥ 97,2	≥ 98
Umiditate	%	≤ 0,77	≤ 0,60	≤ 0,40
Substanțe reducătoare	%	≥ 0,98	≤ 0,70	≤ 0,50
Cenușă	%	≤ 0,60	≤ 0,50	≤ 0,40
Alte nezaharuri	%	≤ 1,15	≤ 1,00	≤ 0,70

Tehnologia generală de rafinare a zahărului brut de trestie cuprinde următoarele operații grupate în:

- obținerea clerei (clersei) brute totale;
- purificarea calco-carbonică a clerei (clersei);
- fierberea și cristalizarea zahărului în treapta I;
- fierberea și cristalizarea zahărului în treapta II;
- fierberea și cristalizarea zahărului în treapta III;
- fierberea și cristalizarea zahărului în treapta IV.

9.2. OBȚINEREA CLEREI (CLERSEI) BRUTE TOTALE

Obținerea clerei (clersei) brute totale se face prin dizolvarea zahărului brut, folosindu-se însă și zahărul brut produs III afinat (cu puritate 97% și

umiditate 2%), precum și zahărul brut produs IV (cu puritate 96,5% și umiditate 2%). Operațiile de obținere a clerei sunt arătate în figura 9.1.

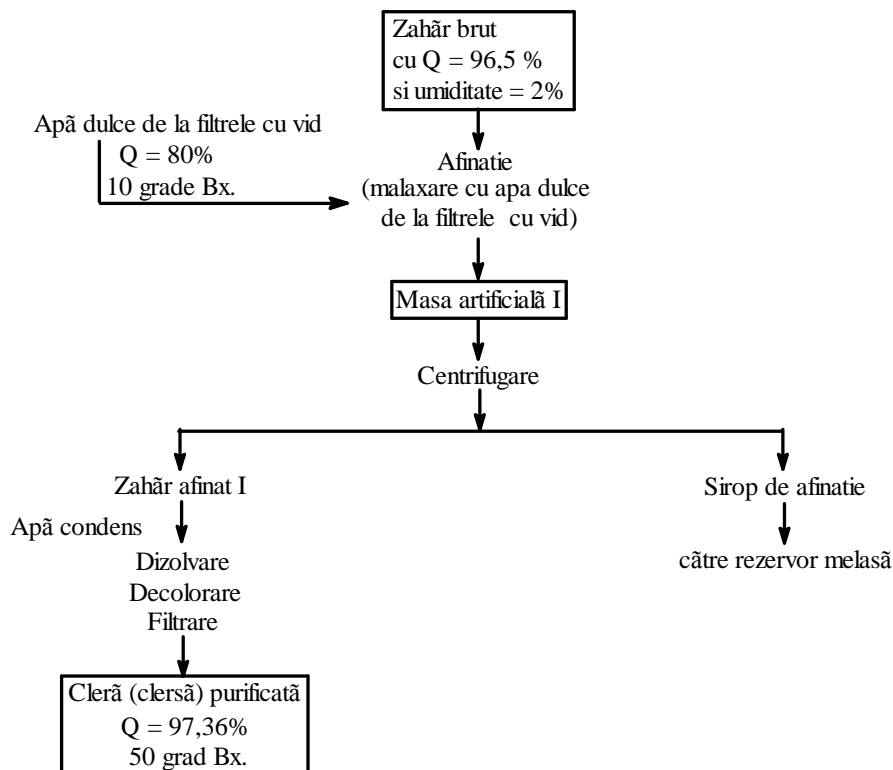


Fig. 9.1. Obținerea clerei (clerseii) din zahărul brut de trestie de zahăr.

9.3. PURIFICAREA CALCO-CARBONICĂ A CLEREI (CLERSEI)

Purificarea calco-carbonică a clerei (clerseii) include:

- a) preîncălzire la 80°C, în preîncălzitoare cu plăci Alfa-Laval;
- b) defecare cu lapte de var, până la alcalinitate 0,8...1,2 g CaO/100 ml și cu menținere 3-4 minute;
- c) carbonatare cu gaz de saturație, la 78...80°C, până la alcalinitatea de 0,015...0,020 g CaO/100 ml (pH = 8,3...8,5);
- d) finisarea carbonatării prin menținere 1...2 minute, pentru descompunerea completă a zaharocarbonatului de calciu și aglomerarea cristalelor de CaCO₃;
- e) preîncălzire la 80 – 85°C;
- f) filtrare, pentru îndepărtarea nămolului și filtrare de control;
- g) decolorarea clerei purificate și filtrare prin strat de carbafin și kieselgur.

Purificarea calco-carbonică este arătată în figura 9.2.

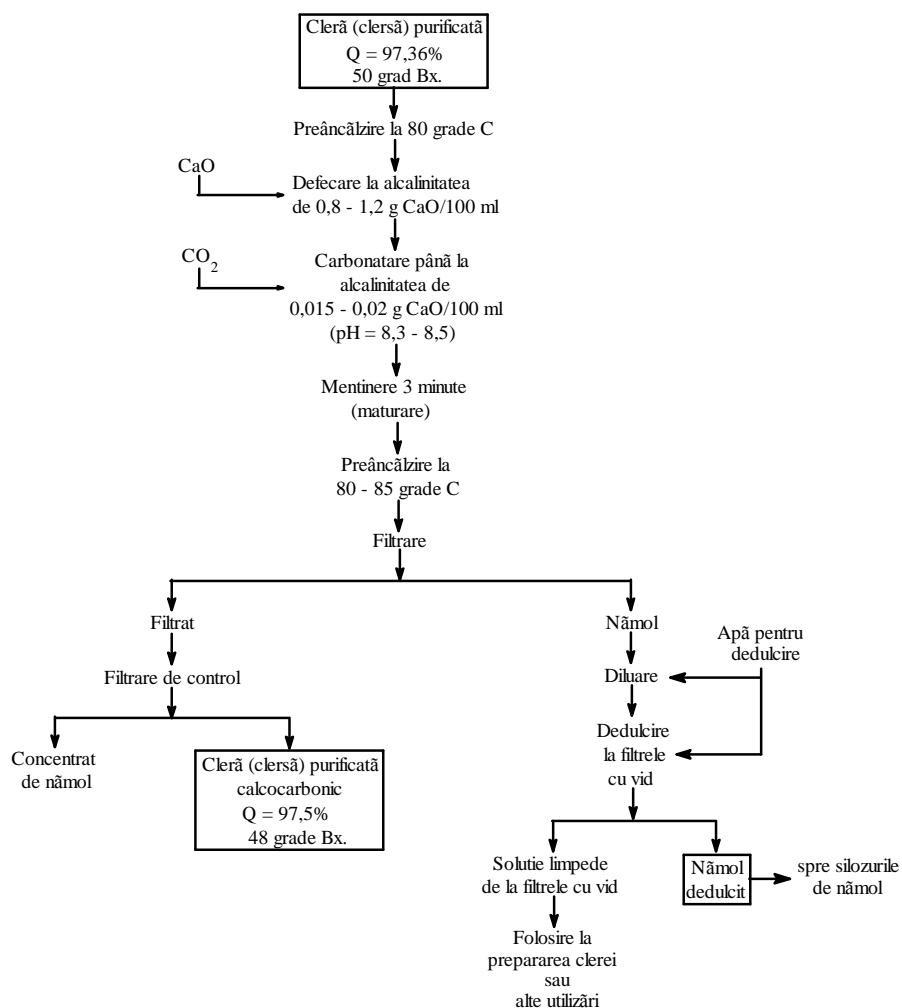


Fig.9.2. Purificarea calco-carbonică a clerei din zahărul brut de trestie.

9.4. FIERBEREA ȘI CRISTALIZAREA ZAHĂRULUI ÎN TREAPTA I

Clera, purificată calcocarbonică, este supusă operației de fierbere împreună cu siropul alb I și zahăr produs II, sub formă de cleră (clersă), în raport de 86,1 / 6,6 / 11,8. Se obține astfel masa groasă I, care se supune centrifugării. Masa groasă produs I este caracterizată prin:

- puritate 97,6%;
- puritate sirop intercrystalin 92,6%;
- conținut de cristale 53%.

Prin centrifugarea masei groase I rezultă:

- zahăr cristal umed care prin uscare conduce la zahăr cristal;

- sirop verde I care se prelucrează în continuare;
 - sirop alb I care se folosește la obținerea masei groase I.
- Operațiile de la fierberea și cristalizarea zahărului în treapta I, sunt arătate în figura 9.3.

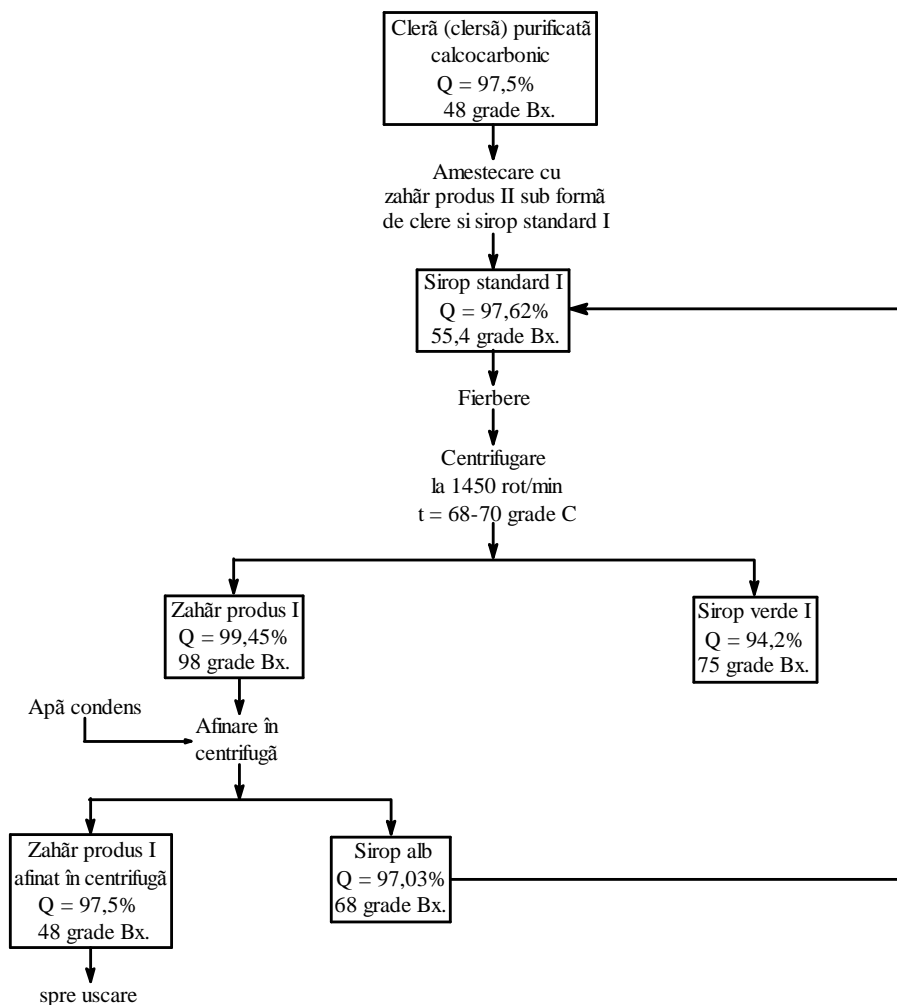


Fig. 9.3. Fierberea – cristalizarea în treapta I.

9.5. FIERBEREA ȘI CRISTALIZAREA ZAHĂRULUI ÎN TREAPTA A II-A

Din siropul verde I, transformat în sirop standard II, prin amestecare cu sirop alb II, prin fierbere se obține masa groasă produs II. Amestecarea

componentelor siropului standard II, se face în proporția 79,33/5,73. Masa groasă II este caracterizată prin:

- puritate 94%;
- puritate sirop intercrystalin 86,5%;
- conținut de cristale 45%.

La centrifugarea masei groase produs II, se obține zahăr produs II, care prin afinare și centrifugare conduce la zahăr produs II ,afinat în centrifugă și sirop alb II. Zahărul produs II este trimis la uscare – condiționare. Operațiile de la fierberea – cristalizarea zahărului în treapta a II-a sunt arătate în figura 9.4.

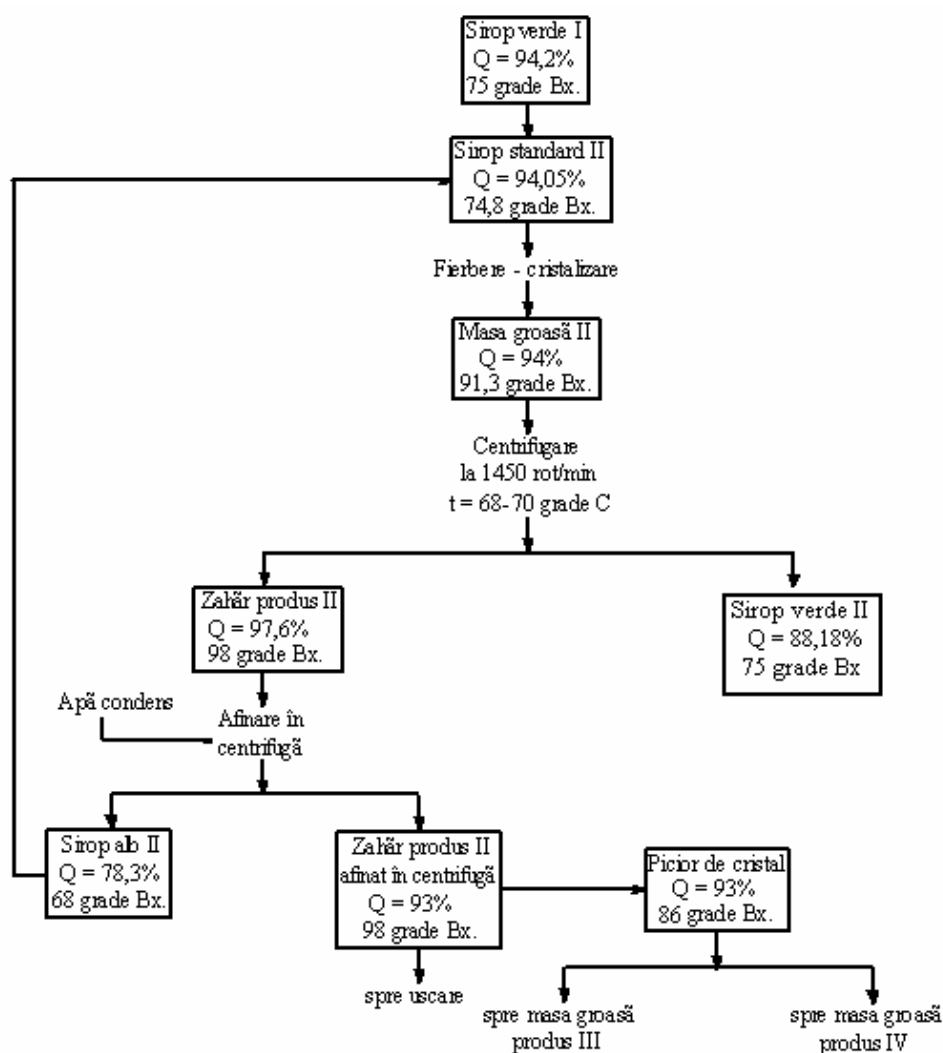


Fig. 9.4. Fierberea – cristalizarea în treapta a II-a.

9.6. FIERBEREA ȘI CRISTALIZAREA ZAHĂRULUI ÎN TREAPTA A III-A

Siropul verde II, împreună cu masa groasă picior cristal și cu masa artificială rezultată din zahărul afinat IV, prin fierbere, conduce la masa groasă produs III caracterizat prin:

- puritate 87,5%;
- puritate sirop intercristalin 75,5%;
- conținut de cristale 41%.

Operațiile fierberii-cristalizării zahărului în treapta a III-a, sunt arătate în figura 9.5.

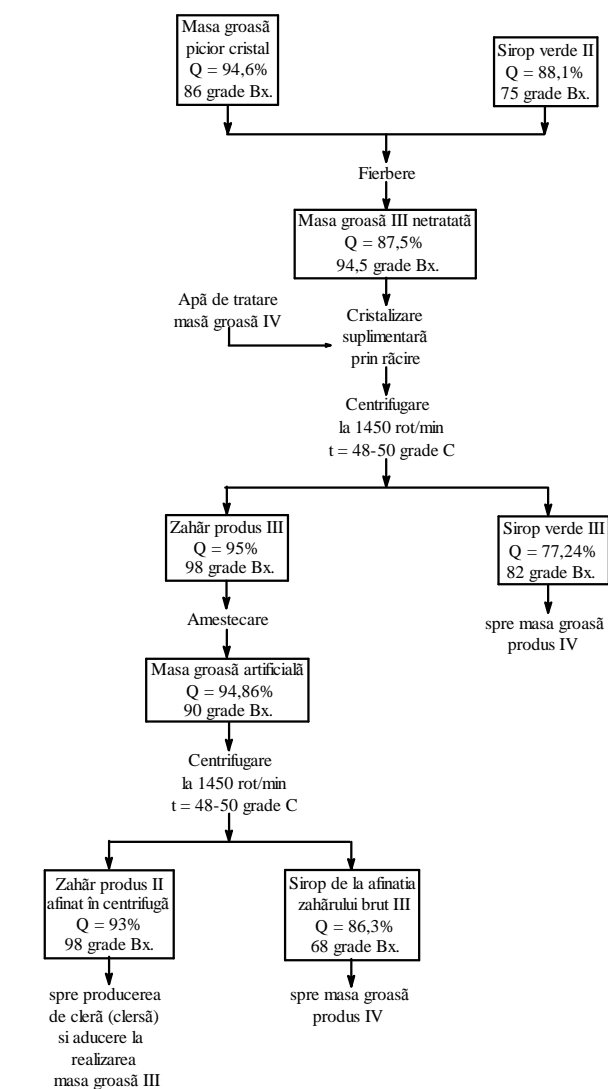


Fig. 9.5. Fierberea-cristalizarea în treapta a III-a.
9.7. FIERBEREA ȘI CRISTALIZAREA ZAHĂRULUI
ÎN TREAPTA A IV-A

Masa groasă, produs IV, rezultă prin fierberea masei groase picior cristal cu siropul verde III și cu siropul de afinație a zahărului produs III și IV, raportul dintre cele două siropuri fiind 2...3. Masa groasă, produs IV, netratată, se caracterizează prin puritate 77% și 94,5 °Bx. După tratarea și cristalizarea suplimentară, prin răcire, înainte de centrifugare, masa groasă are 89,9°Bx.

Având în vedere vâscozitatea masei groase la fierbere, se folosește o substanță tensioactivă.

Operațiile de la fierberea–cristalizarea în treapta a IV-a sunt arătate în figura 9.6, iar în figura 9.7 se arată operațiile care intervin la obținerea masei groase picior cristal.

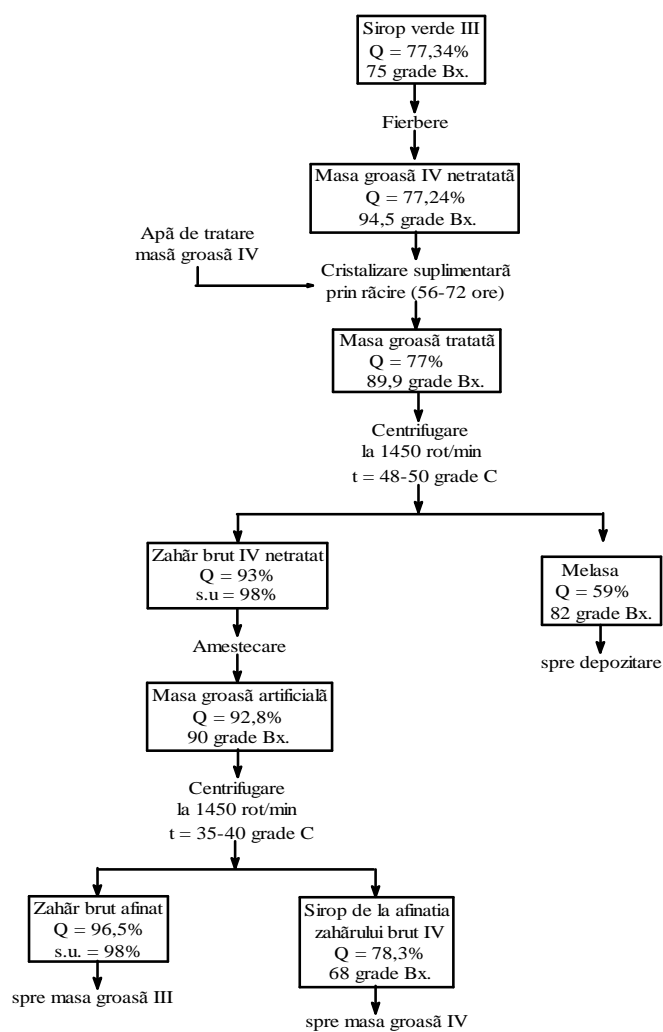


Fig. 9.6. Fierberea-cristalizarea în treapta a IV-a.

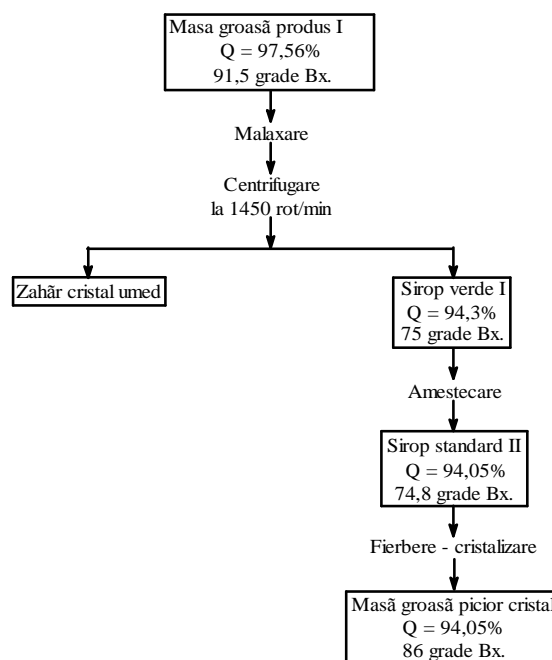


Fig. 9.7. Schema de obținere a masei groase picior cristal.

VALORIFICAREA SUBPRODUSELOR DIN INDUSTRIA ZAHĂRULUI

Subprodusele, din industria zahărului, sunt:

- borhotul de sfeclă;
- melasa;
- nămolul de la filtre.

VALORIFICAREA BORHOTULUI

Borhotul, rezultat la difuzia tăieștelor, se constituie ca un furaj valoros pentru animale, cu valoare nutritivă apropiată de a fânului.

Borhotul se poate valorifica după presare, presare și uscare. Borhotul uscat poate fi și brichetat, folosind ca liant melasa în proporție de 2...20%. Melasarea borhotului, reprezintă o cale de îmbunătățire a calității borhotului.

Borhotul de sfeclă poate fi folosit și pentru:

- obținerea de pectine alimentare, deși conținutul de pectină din borhot este redus (aproximativ 1%);

- obținerea de clei pectinic, cu proprietăți adezive, asemănătoare cu soluțiile de gumă arabică și dextrină.

VALORIFICAREA MELASEI

Melasa este un lichid vâscos, de culoare brună, rezultat la centrifugarea masei groase de produs final. Melasa conține zahăr și nezahăr, având următoarea compoziție chimică:

- substanță uscată (Brix) = 82 – 85%;
- apă = 15 – 18%;
- zahăr = 47,6 – 50%;
- puritate = 58 – 60%.

Substanța uscată este formată din:

- zaharoză (54 – 63%);
- substanțe organice azotate (14,8 – 15%), în principal betaină și glutamină;
- substanțe organice neazotate (16,6 – 18%) reprezentate de substanțe pectice, substanțe colorate (caramel, melanoidine), acizi (formic, lactic, acetic);
- săruri minerale (săruri ale acizilor: carbonic, sulfuric, clorhidric, azotic, fosforic cu potasiu, sodiu, calciu sau magneziu).

Melasa, până la valorificare, se păstrează în rezervoare metalice, închise, de formă cilindrică, prevăzute cu serpentine de încălzire, conducte de alimentare/evacuare, robinete de prelevat probe.

Melasa, cu 80°Bx. și pH ≥ 6,5, se depozitează la temperatură mai mică de 40°C. Înainte de încărcare rezervoarele se igienizează și se dezinfectează cu soluție formol 30%. Pe timpul verii rezervoarele de melasă se stropesc cu apă rece pentru a se evita autoaprinderea.

Melasa se folosește pentru:

- ✓ obținerea alcoolului etilic;
- ✓ obținerea drojdiei de panificație;
- ✓ obținerea acidului citric;
- ✓ obținerea acidului lactic;
- ✓ îmbunătățirea calității furajelor prin melasarea acestora.

Melasa se caracterizează prin coeficientul melasigen, care reprezintă, cantitatea de zaharoză antrenată sau reținută în melasă de 1 kg de nezahăr. Coeficientul melasigen, (m) se calculează cu relația:

$$m = \frac{Z}{N_z};$$

$$m = \frac{Q}{100 - Q}$$

în care: N_z – nezahărul din melasă, [%];

Z – zahărul din melasă, [%];

Q – puritatea melasei, [%].

Cantitatea de zahăr din melasă P_z (pentru 100 kg de sfeclă) = $N_z \times m$, iar cantitatea de melasă (M) ce se obține din 100 kg sfeclă va fi:

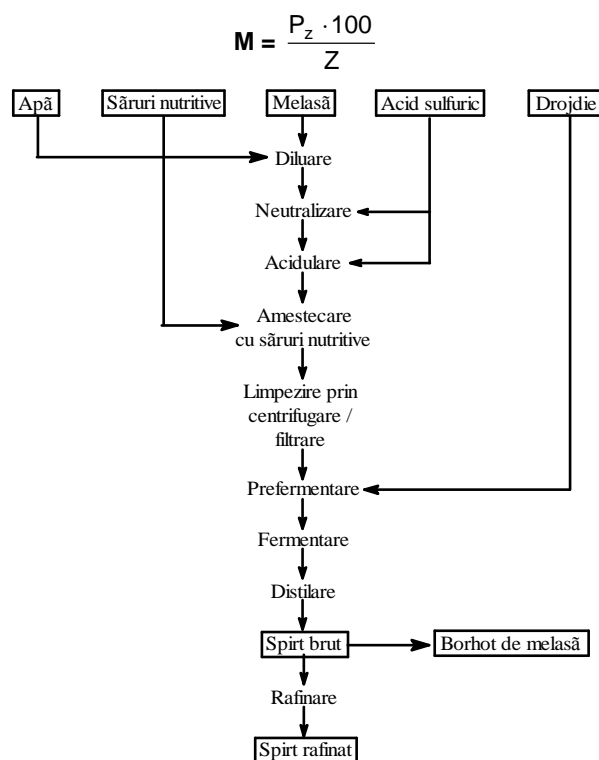
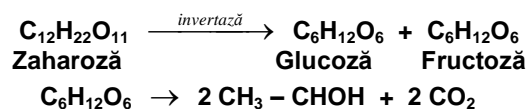


Fig. 11.1. Schema tehnologică de obținere a spirtului.

Folosirea melasei la fabricarea spirtului din melasă, implică o pregătire a materiei prime, care constă în diluarea cu apă potabilă până la 12...14°Bllg., corectarea pH-ului cu acid sulfuric (neutralizarea și acidularea melasei) și adaus de săruri nutritive (sulfat de amoniu, superfosfat) și clarificarea melasei diluate prin filtrare sau centrifugare.

Fermentarea melasei diluate, se face cu drojdie pentru spirt, la temperatura de 30...32°C. Reacția de bază este următoarea:



Schema tehnologică de fabricare a spirtului din melasă, este arătată în figura 11.1, cu specificația că fermentația durează aproximativ 72 de ore, plămada fermentată, fiind supusă distilării, în care caz se obține spirtul brut, ca este supus în continuare, rafinării.

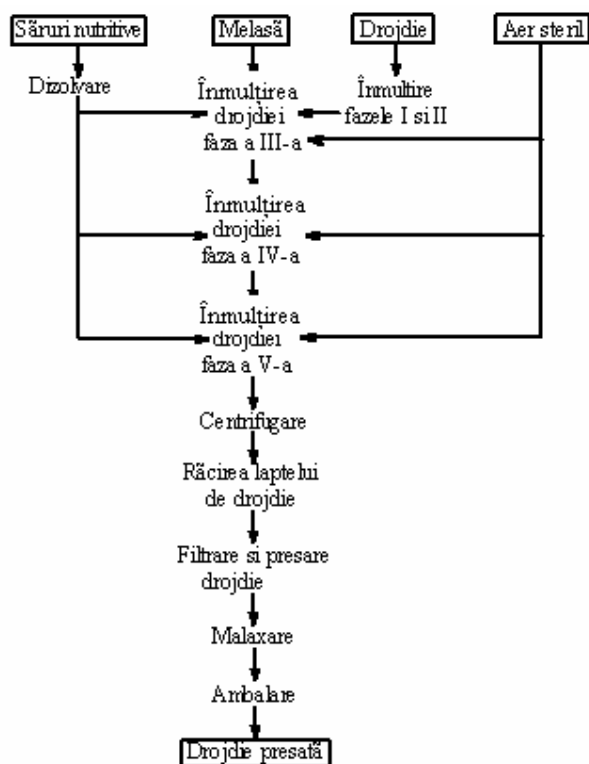


Fig. 11.2. Schema tehnologică de obținere a drojdiei presate (comprimate).

Folosirea melasei la fabricarea drojdiei comprimate. Și în acest caz ,pregătirea melasei, se face la fel ca și în cazul fabricării spiritului și în plus, se realizează și sterilizarea în vederea distrugerii microflorei prezente, urmată de răcire până la temperatura de însămânțare cu cultură aflată în faza a III-a de înmulțire a melasei pregătite.

Schema tehnologică simplificată de obținere a drojdiei comprimate este arătată în figura 11.2.

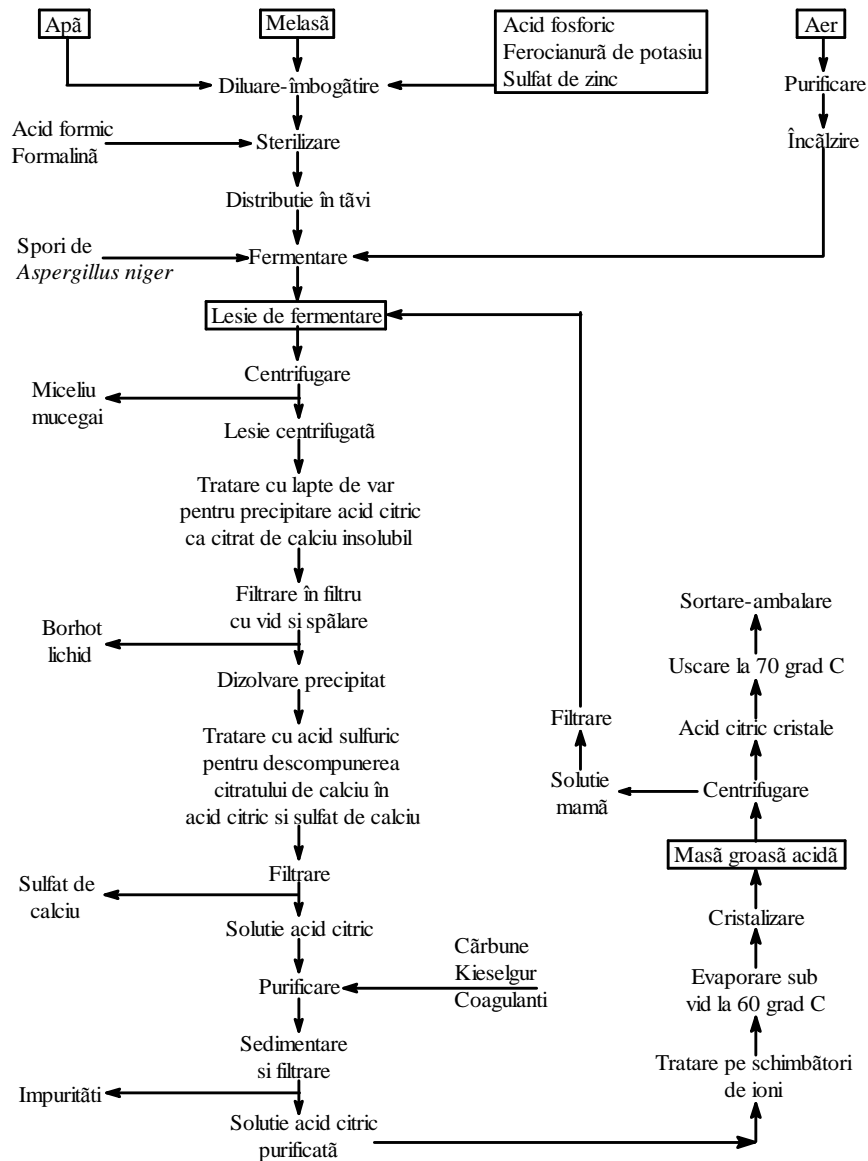
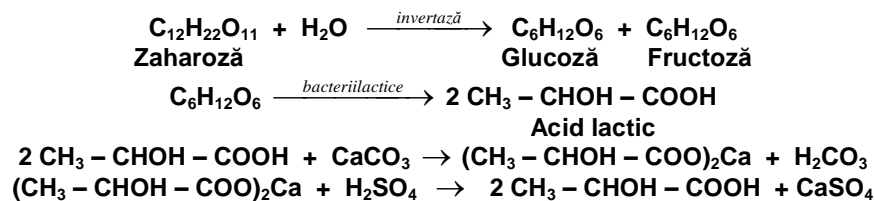


Fig. 11.3. Schema tehnologică de obținere a acidului citric.

Folosirea melasei la fabricarea acidului lactic. Obținerea acidului lactic, din melasă, se bazează pe fermentarea zaharozei de către bacteriile lactice. Fermentația lactică are loc cu *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii*. Pe măsura acumulării acidului lactic, acesta, se transformă în lactat de calciu (prin adăugare de carbonat de calciu), deoarece acumularea de acid lactic ar conduce la întreruperea fermentației lactice.

Lactatul de calciu este în final transformat în acid lactic cu ajutorul acidului sulfuric.



Acidul lactic se concentrează apoi sub vid.

Folosirea melasei la fabricarea acidului citric. Se obține, din melasă diluată, îmbogățită, sterilizată și răcită, prin fermentare cu spori de *Aspergillus niger*, după o tehnologie care implică operațiile menționate în figura 11.3.

VALORIFICAREA NĂMOLULUI

Nămolul, obținut la filtrarea zemii în diferite faze de purificare, conține aproximativ 50% s.u. (atunci când este concentrat prin filtrare sub vid).

Substanța uscată este formată din:

- carbonat de calciu = 70 – 75%;
- substanțe organice cu și fără azot;
- alte săruri minerale diferite de CaCO₃;
- zaharoză = 2%.

Nămolul poate fi folosit:

- ca amendament pentru solurile acide;
- îngrășământ în agricultură;
- recirculare la operațiile de predefecare.

Bibliografie

1. Domșa F.N. Tehnologia zahărului, Editura Tehnică, București, 1973
2. Helemschi M.Z. Calitatea tehnologică a sfeclei de zahăr, Editura Industria Alimentară, Moscova 1977
3. Stroia A.L. Cartea lucrătorului din industria zahărului, Editura Tehnică, București, 1978
4. Vukov K., Hangyal K., Despre randamentul de zahăr alb, Editura Agricolă, Budapesta, 1983
5. Banu, C. Manualul inginerului de industrie alimentară. Vol. I, II., București, 1998.
6. Banu, C. Tratat de chimie alimentară. București, Editura AGIR, 2002.
7. Gherghi, A. Biochimia și fiziologia legumelor și fructelor. București, 2000.
8. Dan, V. Microbiologia produselor alimentare. Galați, 2000.
9. Oancea, I. Igiena întreprinderilor de industrie alimentară. Galați, Editura Alma, 1986.
10. Codex Alimentarius. Cerințe generale. Editura C.E. 2007.
11. Costin, G., Segal, R. Alimente funcționale. București, 1999.
12. Rotaru, G., Moraru, C. Analiza riscurilor, punctele critice de control (HACCP). Galați, 1997.