



TEHNOLOGIA ZAHĂRULUI

Dr.ing.ec. Felicia DIMA

CUPRINS

CUPRINS	1
CAPITOL INTRODUCATIV	3
1. MATERII PRIME PENTRU OBTINEREA ZAHĂRULUI	8
1.1. Sfecla de zahăr	8
1.1.1. Structura morfologică a sfeclei de zahăr	8
1.1.2. Compoziția chimică a sfeclei	8
1.1.3. Calitatea sfeclei de zahăr - factori	9
1.1.4. Calitatea sfeclei de zahăr - indicatori	10
1.1.5. Caracteristicile fizice si termofizice	12
2. TEHNOLOGIA DE PRELUCRARE ÎNȚĂLĂ A SFECLEI	13
2.1. Recoltarea sfeclei	13
2.2. Transportul sfeclei	13
2.3. Operații în baza de recepție	14
2.3.1. Transformări biochimice si microbiologice la depozitarea sfeclei	15
2.3.2. Controlul depozitării sfeclei de zahăr	15
2.3.3. Măsuri pentru reducerea pierderilor de zahăr la depozitare	16
2.4. Descărcarea si depozitarea sfeclei de zahăr în fabrică	16
2.5. Transportul sfeclei în fabrică	17
2.6. Spălarea sfeclei de zahăr	21
2.7. Ridicarea sfeclei la cântar si la masina de tăiat sfeclă	23
2.8. Tăierea sfeclei de zahăr	23
3. EXTRAȚIA ZAHĂRULUI DIN TĂIEȚEI (DIFUZIA)	27
3.1. Introducere	27
3.2. Ecuația operației de difuzie	27
3.3. Metode de realizare a difuziei	28
3.4. Factorii care influențează procesul de difuzie	29
3.5. Instalații de difuzie	30
3.6. Calcule tehnologice pentru procesul de difuzie	33
3.7. Presarea si uscarea borhotului	34
4. PURIFICAREA ZEMII DE DIFUZIE	37
4.1. Compoziția chimică a zemii de difuzie	37
4.2. Operațiile procesului de difuzie	38
4.3. Scheme de purificare	44
5. EVAPORAREA ZEMII SUBȚIRI	48
5.1. Instalația de evaporare	48
5.2. Modificările zemii în timpul evaporării	49
5.3. Calculul simplificat al stației de evaporare	50
6. FIERBEREA SI CRISTALIZAREA ZAHĂRULUI	52
6.1. Considerații generale privind fierberea si cristalizarea	52
6.2. Rafinarea zahărului	54
6.3. Scheme de obținere a zahărului rafinat	55

7. PRELUCRAREA ZAHĂRULUI UMED	59
7.1. Transportul și sortarea zahărului	59
7.2. Uscarea zahărului	59
7.2.1. Operațiunea de uscare	59
7.2.2. Uscarea zahărului	60
7.2.3. Instalații de uscare	60
7.2.4. Sortarea zahărului	62
7.2.5. Separarea prafului de zahăr	62
7.2.6. Depozitarea zahărului în vrac	63
7.2.7. Depozitarea zahărului ambalat în saci	64
7.2.8. Calcule tehnologice simplificate privind uscarea zahărului	65
8. OBȚINEREA ZAHĂRULUI CUBIC	68
9. RAFINAREA ZAHĂRULUI BRUT DIN TRESTIE DE ZAHĂR	70
9.1. Materia primă- zahărul brut din trestie de zahăr	70
9.2. Obținerea clerei (clersei) brute totale	70
9.3. Purificarea calco-carbonică a clerei (clersei)	71
9.4. Fierberea și cristalizarea zahărului în treapta I	72
9.5. Fierberea și cristalizarea zahărului în treapta a II-a	73
9.6. Fierberea și cristalizarea zahărului în treapta a III-a	74
9.7. Fierberea și cristalizarea zahărului în treapta a IV-a	75
10. PRODUCEREA LAPTELUI DE VAR ȘI A GAZULUI DE SATURAȚIE	78
10.1. Obținerea laptelui de var	79
10.2. Obținerea gazului de saturație	80
10.3. Calculele tehnologice la obținerea oxidului de calciu (CaO) și a dioxidului de carbon (CO ₂)	80
11. VALORIFICAREA SUBPRODUSELOR DIN INDUSTRIA ZAHĂRULUI	82
11.1. Valorificarea borhotului	82
11.2. Valorificarea melasei	82
11.3. Valorificarea nămolului	85
12. ANALIZE DE LABORATOR	87
12.1. Analiza sfeclei	87
12.2. Analiza sucului normal	89
12.3. Analiza materiilor auxiliare	92
12.3.1. Analiza apei de difuzie	92
12.3.2. Analiza laptelui de var	92
12.3.3. Analiza gazului de saturație	93
12.4. Analiza tăieșurilor	94
12.5. Analiza zemii de difuzie	94
12.6. Analiza borhotului	95
12.7. Analiza zemii predefecate și defecate	97
12.8. Analiza zemii de la saturația I	98
12.9. Analiza zemii de la saturația a II-a	100
12.10. Analiza zemii subțiri	101
12.11. Analiza zemii groase	103
12.12. Analiza melaselor groase și a siropurilor rezultate la centrifugare	104
12.13. Analiza melasei, borhotului și nămolului de la filtre	104
12.14. Analiza produsului finit	106
BIBLIOGRAFIE	107



CAPITOL INTRODUCATIV.

SCOPUL CURSULUI

Prin acest curs se dorește cristalizarea unor concepții generale privind industrializarea produselor alimentare, cu referire în particular la procesul tehnologic de obținere industrială a zahărului și având ca finalitate imediată formarea unor deprinderi teoretice și practice în domeniu, prin acumularea unui bagaj de cunoștințe minimal vizând cunoașterea și înțelegerea procesului.

OBIECTIVELE

Trebuie recunoscută importanța și riscurile acestei activități - un procedeu destul de complicat și laborios, drept urmare acest curs urmărește și dezvoltarea capacităților practice de decizie privind dirijarea procesului cât și menținerea lui în parametri corespunzători.

Se urmărește, de altfel, formarea unei baze teoretice mai largi, a unei culturi operaționale în domeniul industrial al obținerii produselor alimentare, respectiv al zahărului, în perspectiva inovării acestuia ca răspuns la permanentele schimbări tehnice și tehnologice.

Sunt avute în vedere obiective de natură educațională, formulate din perspectiva cadrului didactic și rezultate prin operaționalizarea competențelor de formare, structurate pe cele trei dimensiuni: competențe cognitive, competențe instrumental - operaționale și competențe de comunicare-relaționare.

Zahărul

Prezentare generală

Producția mondială de zahăr depășește 115 milioane de tone și este localizată în zonele de cultură ale materiilor prime: sfecla și trestia de zahăr.

- Sfecla de zahăr. Aria producției de sfecla, cultura specifică zonei temperate, este localizată în cea mai mare parte în emisfera nordică, între 30 și 60 grade, în Europa și America de Nord, dar și în țări din emisfera australă, cum ar fi Chile și Uruguay. Producția cea mai mare o deține Europa, randamentele la hectar fiind de circa 3 ori mai mari în zona Vestică față de cea răsăriteană.
- Trestia de zahăr este o cultură tropicală. Se cultivă pe o suprafață mai mare decât sfecla, suprafața cuprinsă între 35 grade latitudine nordică și 30 grade latitudine sudică.

Comunitatea Economică Europeană, Brazilia, Cuba, India, SUA, China și țările desprinse din fosta Uniune Sovietică asigură peste 50% din producția de zahăr din lume.

În țara noastră, datorită dificultăților existente în cultura sfeclei de zahăr (lipsa soiurilor de mare productivitate și care au un conținut ridicat de zahăr, mecanizarea limitată a culturilor, resurse financiare reduse), cât și a randamentelor mici de prelucrare în fabricile producătoare, se înregistrează producții relativ mici și la prețuri destul de necompetitive. La acest moment funcționează 8 fabrici de zahăr și 2 de izoglucoză.

Compoziția chimică relativ complexă și structura anatomică a sfeclei de zahăr determină un proces tehnologic complicat, cu multe faze de fabricație, în urma cărora rezultă un sortimentaj relativ redus de tipuri de zahăr :

- zahărul cristal (tos), diferențiat după gradul de rafinare, în: alb numărul 1,2,3,4 (zahărul alb numărul 4 este utilizat ca materie primă pentru industria alimentară);
- zahărul bucăți, având forma bucăților diferită: prismatică, imitând animale, legume, fructe ; bucățile de zahăr pot prezenta duritate mare sau redusă;
- zahăr pudră (farin), rezultat prin măcinarea zahărului cristalizat și



Fabrica de zahăr din Liesti

uscăt, se diferențiază după finețe;

- zahărul candel, constituit din "cristale gigant" de zaharoză, formate pe centrul de cristalizare introdus în zeama concentrată rezultată de la rafinare; acest zahăr poate fi colorat, aromatizat și comercializat ca atare;
- zahărul lichid, care se poate prezenta sub formă de sirop de zaharoză neinvertită sau parțial invertită și se poate utiliza ca

materie primă în patiserie, la fierberea berii, sampaniei, vinurilor spumoase etc.

Caracteristici ale zahărului

Zahărul și produsele zaharoase formează o grupă largă de alimente ce se caracterizează prin conținut mare de zahăr solubil (zaharoză, glucoză), aspect atrăgător, gust dulce, nuanțe diferite și aromă plăcută.

Asupra acestei grupe de produse se răsfrânge din plin nivelul ridicat atins de tehnologia din industria alimentară, care dispune în zilele noastre de posibilități largi de purificare și rafinare. Se pot obține produse bine individualizate, cu proprietăți psiho-senzoriale bine definite, prin aplicarea unor procedee de prelucrare diferite, asupra unui grup restrâns de materii prime de bază (zahăr și glucoză) cu compoziție apropiată.

Ca urmare se pot fabrica produse zaharoase cu o compoziție chimică unilaterală (produse de caramelaj, fondanterie, drajeuri), dar și dulciuri complexe, implicit mai complete din punct de vedere nutritiv, prin adăugarea unor ingrediente ce conțin, pe lângă glucide și cantități apreciabile de lipide, protide, substanțe minerale (ciocolată, bomboane umplute, caramele, produse orientale).

Valoarea energetică a produselor zaharoase, formate aproape în exclusivitate din glucide, este de cca. 350 - 400 kcal/100g, iar a celor care conțin și grăsimi poate atinge 600 kcal/100 g.

Din punct de vedere al valorii biologice, o parte din produse au valoare biologică nulă (zahărul, glucoza, caramelajul fără umplutură, fondanteria), cele mai multe produse prezentând valoare biologică mică, datorită conținutului redus în săruri minerale, proteine și vitamine, dar sunt și dulciuri care au valoare biologică mai ridicată (ciocolata, halva, produsele cu umpluturi din alune, sămburi grași etc.).

Consumul produselor zaharoase prezintă avantajul că se digeră și asimilează ușor, ridică rapid glicemia sângelui, fiind indicat persoanelor ce depun efort fizic intens.

Consumul lor în cantități mari poate determina dezechilibrarea dietei, facilitarea supraalimentației și instalarea obezității, apariția primelor semne ale diabetului, mărește incidența cariilor dentare și modifică echilibrul glucido-tiaminic.

Proporția produselor zaharoase în cadrul dietei trebuie să se afle în corelație cu natura și cantitățile celorlalte alimente din hrana omului și cu aportul de tiamină al acestora (tiamina participă la metabolismul glucidelor).

Un regim de viață sănătos

Porțiile zilnice de hrană trebuie adaptate în funcție de necesitățile energetice ale fiecăruia. Necesarul caloric (kcal/kg corp) este în funcție de vârstă și sex, pentru persoanele cu activitate fizică obișnuită.

Alți factori care trebuie luați în calcul la alcătuirea meniurilor sunt: tipul de activitate pe care o depune o persoană (de la sedentar, la sportiv), gradul de stres și, desigur, greutatea. Astfel: zilnic, o persoană obișnuită ar fi ideal să consume următoarele cantități de componente de bază:

- lipide -1 g / kg corp;

- glucide - 4 - 7 g / kg corp;
- proteine - 1,5 g / kg corp.

Lipidele sunt armele cu două tăisuri din alimentația noastră: pe de o parte sunt indispensabile vieții și menținerii sănătății, pe de altă, excesul de lipide poate provoca obezitate, iar depunerea grăsimilor pe artere crește riscul bolilor cardiovasculare. Din punct de vedere caloric, lipidele ar trebui să furnizeze 25 - 30% din necesarul zilnic de kilocalorii (un gram de lipide ne oferă 9 kcal).

Glucidele (carbohidrații) pot fi împărțiți în două categorii:

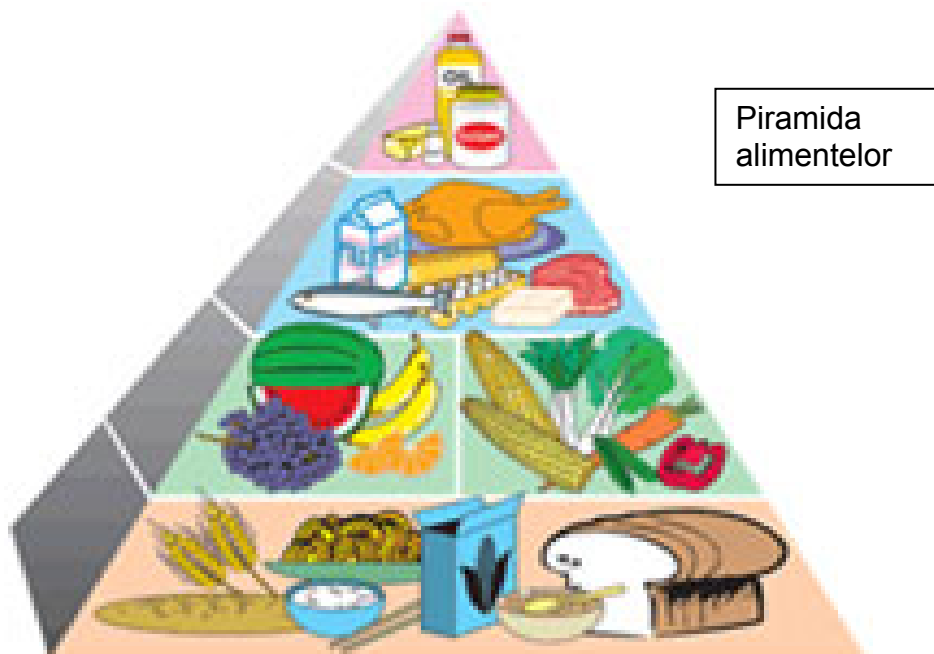
- carbohidrați simpli - care se digeră extrem de repede, precum fructoza din fructe, lactoza din lapte și zaharoza din zahărurile rafinate;
- carbohidrați complexi - care provin din cereale, făinoase, banane, cartofi etc. și care, prin conținutul ridicat de fibre, ajută la digestie.

Glucoza extrasă de organism din carbohidrați este și sursa fundamentală de energie a organismului: 1g de glucide furnizează 4 kcal.

Proteinele pot fi găsite, în principal, în carne, însă ele sunt furnizate și de unele alimente vegetale (soia, fasole boabe). Dar cei mai mulți specialiști sunt de părere că protidele animale sunt superioare celor vegetale, pentru că din fiecare din acestea din urmă lipsesc unii aminoacizi esențiali (pe care organismul nostru nu-i poate sintetiza și trebuie să-i ia ca atare din hrană). Un gram de proteine valorează 4 kcal.

Luând în calcul necesarul zilnic de alimente al unei persoane, nutriționiștii au clasificat alimentele în grupe distincte și au alcătuit o "piramidă a alimentelor":

- baza piramidei alimentare este reprezentată de *cereale*, făinoase, cartofi, orez, deși sunt cele mai blamate alimente de către cei care țin regimuri și diete;
- abia după acestea vin *legumele*, cât mai variate și mai divers colorate, pentru a sugera marea varietate de vitamine și minerale pe care vegetalele ni le furnizează;



fructele sunt puse tot în această grupă, alături de legume, deși ele sunt o sursă mai importantă de zahăruri; importante în cadrul acestei grupe mai sunt fibrele, care ajută la digestie și au conținutul caloric extrem de scăzut, ceea ce permite consumarea lor în cantități cât mai mari;

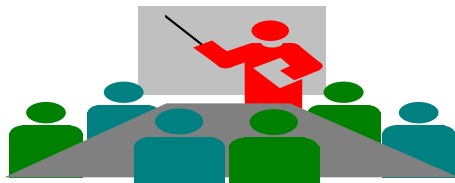
- *carnea rosie*, fructele de mare, pestele, ouăle, lactatele ocupă poziția din mijloc și este recomandat să se consume cu moderație;
- *grăsimile* apar abia în grupa următoare, privilegiate fiind grăsimile vegetale: nuci, soia, alune, uleiul de măsline; aceste alimente nu este recomandat să fie excluse, deoarece sunt indispensabile vieții, doar că necesitățile organismului sunt mai mici;
- cel mai sus se află poziționate *zahărurile rafinate*, dulciurile, alcoolul. Nu sunt total interzise, pentru că, de exemplu, ciocolata stimulează secreția de endorfine - "hormonul fericirii", dar consumul lor trebuie să fie cât mai redus, dovedindu-se că zahărurile au unul dintre cele mai nefaste influențe asupra organismului.

În loc de concluzii

Adoptarea unui regim alimentar echilibrat, cu multe legume și fructe, cereale încolțite, pâine integrală, produse lactate, uleiuri vegetale, produse apicole etc., asigură o alimentație completă pentru menținerea energiei organismului, fără să ducă la anemiarea trupului și a minții.

Se recomandă consumul moderat de zahăr și produse zaharoase, se consideră că zahărul alb rafinat devine toxic pentru organism în cantități mari și provoacă oboseală, somnolență, pierderea memoriei, diferite boli.

Si totusi glucidele sunt combustibil pentru creier !



CAP.1. MATERII PRIME PENTRU OBȚINEREA ZAHĂRULUI

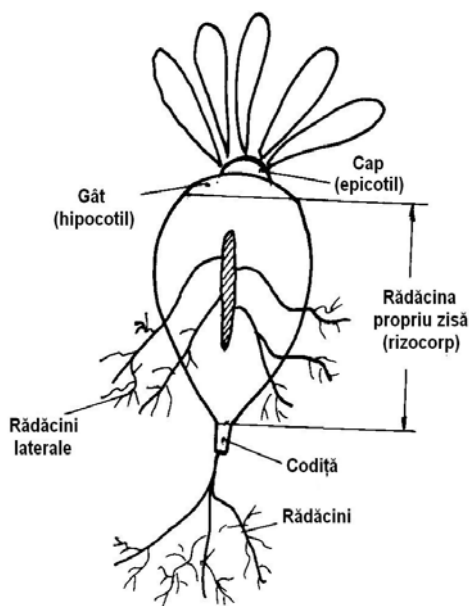
1.1. SFECLA DE ZAHĂR

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 planta devine „semincer”).



1.1.1. Structura morfologică



Rădăcina sfecei 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 sfecei 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 sfecei.

1.1.2. Compoziția chimică

Sfecla de zahăr, matură și sănătoasă, are o masă de cca. 300 - 1000 g. Conține apă, zaharoza, substanțe pectice (protopectină), celuloză și hemiceluloză, substanțe proteice, substanțe neproteice cu azot și fără azot și cenușă (substanțe minerale). Repartizarea componentelor chimice este următoarea pentru o cantitate de 100 kg sfecla (Fig. 1.2):

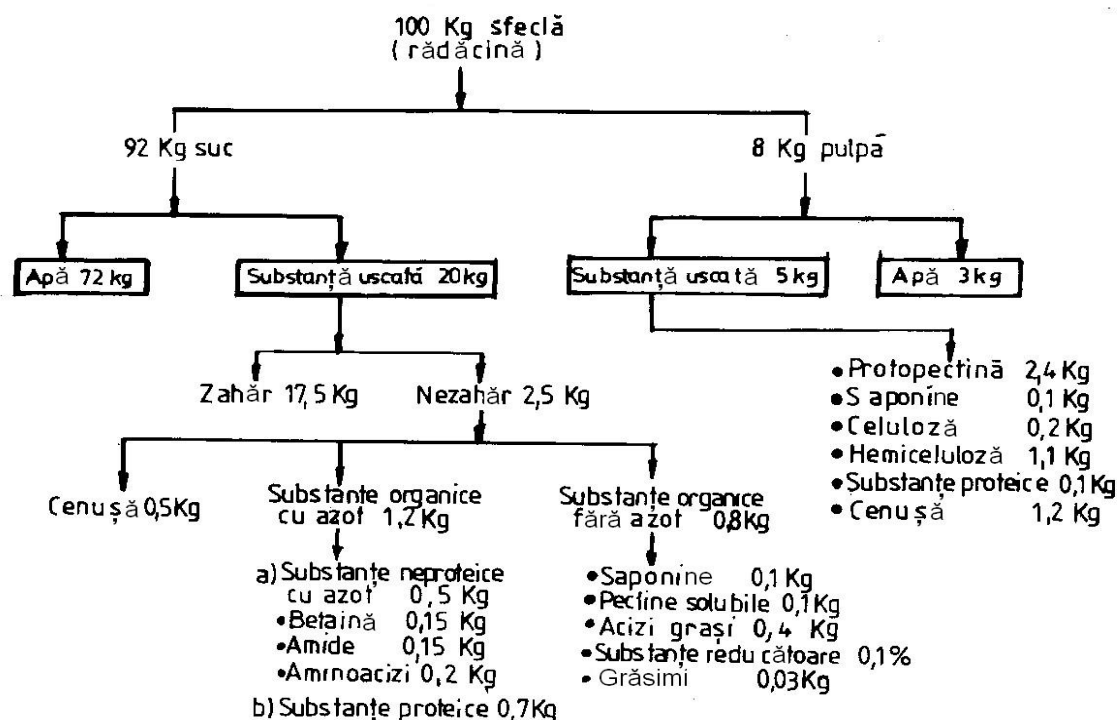


Fig. 1.2. Compoziția chimică a sfecei de zahăr

1.1.3. Calitatea sfecei de zahăr – factori



CALITATEA sfecei – factori:

- factorii genetici
- factorii pedoclimatici
- factorii fitotehnici
- factorii care se referă la modul de recoltare
- condițiile de depozitare
- factorii tehnologici

Factorii genetici determină forma și dimensiunea corpului rădăcinii, gradul de ramificare și masa corpului rădăcinii, conținutul de zahăr al acesteia: calitatea seminței, caracteristicile soiului / hibridului de sfeclă cultivată.

Factorii pedoclimatici sunt determinați de caracteristicile solului și particularitățile climei din aria de cultivare, determină producția de sfeclă și starea de sănătate a rădăcinii.

Factorii fitotehnici, respectiv tehnologia de cultivare și întreținere a culturii, influențează producția de sfeclă și starea de sănătate a acesteia.

Factorii care se referă la modul de recoltare și care determină: gradul de rănire mecanică a sfecei și conținutul de impurități de pe sfeclă (dependent de starea vremii și modul de recoltare).

Condițiile de depozitare influențează: starea de vestejire a sfecei, gradul de alterare (microorganismele, înghețul/dezghețul), durata de depozitare – degradarea ca o consecință a unei depozități îndelungate.

Factorii tehnologici care interesează sunt, în principal, următorii:

- o **conținutul de zahăr**, exprimat în procente din greutatea sfecei, conținut dependent de: regimul de fertilizare aplicat și întreținerea culturilor, perioada în care se face recoltarea,

condițiile de manipulare și depozitare de la recoltare până la prelucrare;

- o *puritatea sucului intracelular*, exprimată în procente de zahăr raportate la substanța uscată a sucului, influențată de aceiași factori care determină conținutul de zahăr, determinant fiind însă soiul de sfeclă;



APRECIEREA CALITĂȚII funcție de coeficientul de puritate al sucului:

- 86 - 88% - sfeclă de bună calitate;
- 83 - 85% - sfeclă de calitate mijlocie;
- 81 - 83% - sfeclă de calitate mediocră.

- o conținutul de marc (pulpă al sfeclei);
- o rezistența la tăiere a sfeclei;
- o elasticitatea tăieștelor de sfeclă;
- o compoziția de nezahăr din suc de sfeclă, care este influențată de: soiul de sfeclă, condițiile pedoclimatice, fertilizarea, recoltarea.

Plata sfeclei livrată fabricilor se face în funcție de următoarele condiții:

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

1.1.4. Calitatea sfeclei de zahăr - indicatori

Indicatorii care definesc calitatea sfeclei de zahăr se împart în două categorii: indicatori ai aspectului exterior și indicatori de calitate tehnologică.

A. Indicatorii aspectului exterior

♦ 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.

♦ Indicatorul de formă:

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

în care: d – diametrul rădăcinii la 1/2 din lungime;

D – diametrul cel mare al sfeclei.



Clasificarea sfeclei funcție de indicatorul de formă:

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

♦ 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

- ♦ Conținutul în zahăr al sfeclei, care se determina polarimetric si este exprimat în kg/100 kg sfecă.

- ♦ Puritatea sucului celular, calculat ca procent de zahăr față de substanța uscată a sucului celular:

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

- ♦ Conținutul de marc (pulpă) al sfeclei, care reprezintă conținutul de substanță insolubilă în apă si exprimată în kg/100 kg sfecă.

- ♦ Conținutul de substanță reducătoare, exprimat în kg/100 kg sfecă.

- ♦ Conținutul de rafinoză din sfecă, exprimat în kg/100 kg sfecă.

- ♦ Factorul M_z , care exprimă cantitatea de melasă tip 50 (kg), 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 cenusă conductometrică, %;
 D - conținutul de zaharoza din sfecă, %;
 P_t - pierderi tehnol. zahăr, kg/100 kg sfecă.

Calitatea sfeclei funcție de Factorul M_z :

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



- ♦ Randamentul teoretic de zahăr cristal depinde de zahărul rămas în melasă (Z_m) si conținutul de zahăr din sfecă (D).

$$Z_m = D - R,$$

în care: Z_m - zahăr rămas în melasa, %;
 D - conținutul de zahăr din sfecă, %;
 R -randamentul estimat (calcul), kg/100 kg

$$R = D - P_t \left(1 - \frac{100 - Q}{Q} m \right),$$

în care: Q -puritatea zemii subțiri in laborator, %;
 m - coeficient melasigen al nezahărului,
calculat în funcție de puritatea melasei

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

în care: Q_m - puritatea melasei, %.

1.1.5. Caracteristici fizice și termofizice

- ♦ Masa specifică $= \frac{265}{265 - SU_s} [g/cm^3]$
în care: SU_s – substanța uscată a sfeclei.
- ♦ Suprafața specifică a sfeclei, în funcție de masă (M):
 - pentru $M = 200 \text{ g}$, $\rightarrow S = 1 \text{ cm}^2/\text{g}$;
 - pentru $M = 750 \text{ g}$, $\rightarrow S = 0,6 \text{ cm}^2/\text{g}$.
- ♦ Presiunea osmotică este de 20-30 bari pentru un conținut de zahăr din sfeclă de 18%.
- ♦ Capacitatea termică masică:
$$C_s = 4,18 - 2,8 \frac{SU_s}{100} [\text{kJ/kg} \cdot \text{grad}]$$
$$C_s = 3,39 \dots 3,60 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}.$$
- ♦ Conductivitatea termică a sfeclei:
$$\lambda = 0,374 - 0,406 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{grad},$$
$$\lambda = 0,434396 - 0,47222 \text{ W/m} \cdot \text{grad}.$$
- ♦ Temperatura de îngheț $= -2,4 \dots -4,1^\circ\text{C}$.
- ♦ Valoarea de nutreț a sfeclei cu 17,5 % zahăr este de 15,4 unități de amidon.



1. Teste pentru autoverificarea cunoștințelor:

1. Care este conținutul de zahăr din suc de sfeclă de zahăr ?
 - a) 20 kg;
 - b) 15 kg;
 - c) 17,5 kg.
2. Calitatea sfeclei funcție de coeficientul de puritate al sucului de 84% este:
 - a) calitate bună;
 - b) calitate mijlocie;
 - c) calitate mediocră.
3. Care sunt factorii determinanți pentru conținutul de zahăr din sfeclă ?
 - a) factori genetici și fitotehnici;
 - b) factorii pedoclimatici și condițiile de depozitare;
 - c) factorii fitotehnici și modul de recoltare.
4. În ce UM se exprimă conținutul în zahăr al sfeclei ?
 - a) %;
 - b) kg/100 kg sfeclă.
 - c) g / 100 kg sfeclă.
5. Factorul M_z pentru calitatea superioară a sfeclei este:
 - a) $M_z < 30$;
 - b) $M_z = 30 - 40$;
 - c) $M_z = 65 - 80$.

CAP.2. TEHNOLOGIA DE PRELUCRARE A SFECLEI

2.1. RECOLTAREA SFECLEI

Recoltarea sfeclei se face când aceasta a ajuns la *maturitatea industrială*, stabilită pe baza analizelor de laborator și care evaluează prin însușirile biologice, chimice și fizice momentul când se obține un randament maxim de zahăr.

Funcție de zona de cultivare a sfeclei, recoltarea se face în două etape:

- zonele calde - în septembrie);
- zonele mai reci - în octombrie.

Recoltarea implică desfășurarea mai multor operațiuni :

- extracția sfeclei din pământ se execută mecanizat, cu ajutorul dislocatoarelor;
- decoletarea, respectiv îndepărtarea capului cu frunze, operația putându-se executa manual sau mecanic;
- sortarea în funcție de masă (M) și starea sfeclei;



Sortarea sfeclei:

- sfecla categoria I - $M > 300$ g, nerănită și sănătoasă;
- sfeclă categoria II - $M < 300$ g, rănită;
- sfeclă categoria III - $M < 100$ g, vestejită, atinsă de boli și ger, cu scorburi umede la colet → furaj.

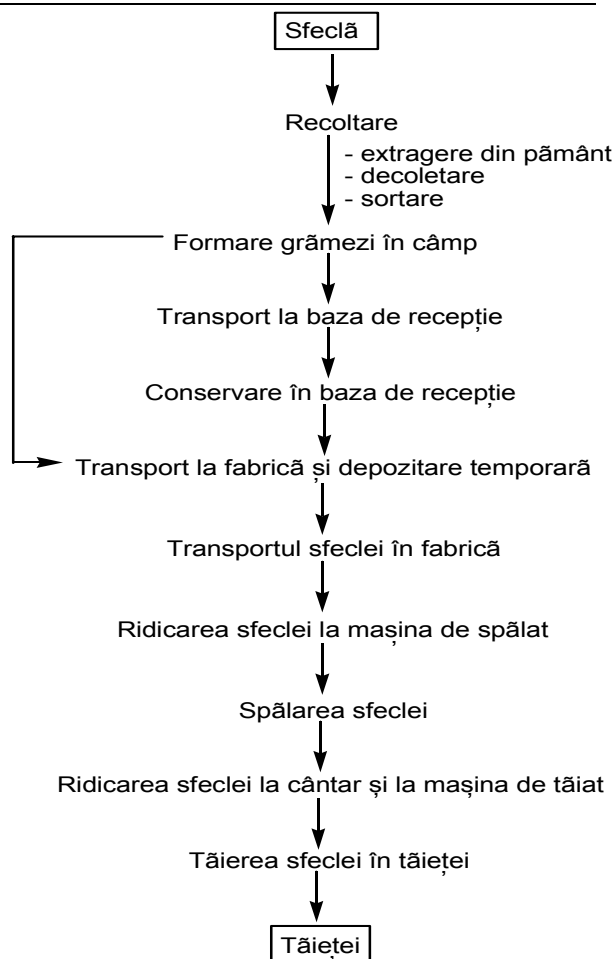
Până la transport în bazele de recepție sau fabrici, sfecla se ține în grămezi, acoperite cu frunze, pentru a o feri de soare și vânt, respectiv pentru evitarea pierderii de apă prin evaporare.

2.2. TRANSPORTUL SFECLEI

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

Transportul sfeclei din câmp către bazele de recepție sau fabrici 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).

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



2.3. OPERAȚII ÎN BAZA DE RECEPȚIE

La bază de recepție se execută următoarele operațiuni tehnologice:

- recepția cantitativă - prin cântărirea mijlocului de transport pe cântarul bascula;
- recepția calitativă, în timpul careia se determină impuritățile, modul de decoletare, iar plata se face după masa obținută în urma aplicării eventualelor scăzăminte (în cazul în care impuritățile depășesc valoarea normală).

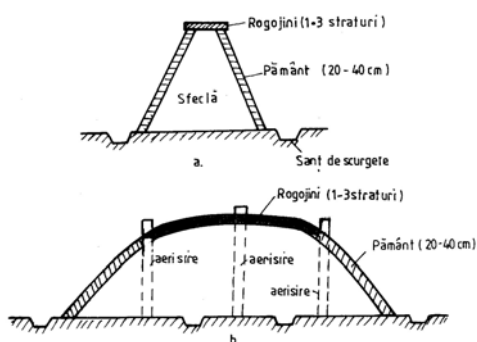


Fig. 2.2. Tipuri de silozuri:

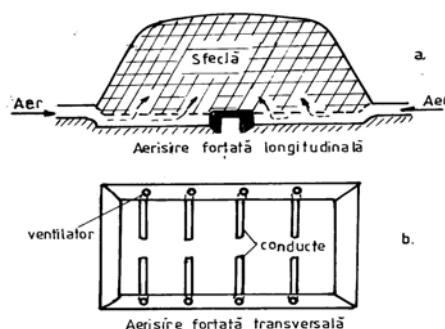


Fig. 2.3. Modalități de ventilație

forțată:
a – cu secțiune triunghiulară; b – cu secțiune trapezoidală.
transversală.

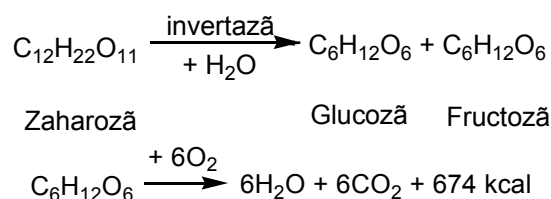
a – longitudinală; b –

- formarea silozurilor pe platforme betonate, cu secțiune trapezoidală sau triunghiulară (Fig.2.2.); pe măsură ce se depozitează, sfecla se stropește cu lapte de var, iar după terminarea asezării, se acoperă cu rogojini, panouri de stufit, folii de polietilenă sau pământ; pentru aerisire se utilizează ventilația naturală sau artificială (Fig.2.3.).

2.3.1. Transformări biochimice și microbiologice

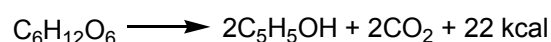
În timpul depozitării sfeclei au loc pierderi de masă, conform reacțiilor de mai jos, prin:

- transpirație;
- respirație;



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

- pierderi de zahăr prin fermentație, care are loc la aerare insuficientă sau totală a sfeclei depozitate:



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

- încolțirea sfeclei, care are loc atunci când s-a însilozat sfeclă neajunsă la maturitate sau când decoletarea s-a făcut necorespunzător, fiind influențată de temperatura mai ridicată, umiditate relativă mai mare, prezența impurităților;
- degradarea proteinelor, care are loc sub influența enzimelor proteolitice proprii sfeclei și a celor secretate de microorganisme; proteoliza conduce la creșterea conținutului de aminoacizi liberi, care trec în zeama de difuzie și măresc cantitatea de azot „vătămător”, fiind mai intensă în sfecla care a suferit îngheț/dezgheț;
- degradarea microbiană a sfeclei produsă de bacterii (*Bacterium betae*, *viscosum*, *betaflavum*) și mușegaiuri (*Botrytis cinerea* și *Foma betae*) mai ales în cazul sfeclei rănite, bolnave, care a suferit îngheț/dezgheț.

2.3.2. Controlul depozitării

Pentru depozitarea corespunzătoare a sfeclei trebuie să se ia o sumă de măsuri:

- controlul zilnic al temperaturii sfeclei în siloz, temperatură care trebuie menținută constantă;
- depistarea eventualelor focare de infecție (fermentație), în cazul în care se desface silozul și sfecla se expediază la fabrică.

2.3.3. Măsurile pentru limitarea pierderilor de zahăr la depozitare

În scopul reducerii pierderilor de zahăr la depozitare se iau anumite măsuri:

- scurtarea duratei de depozitare sau evitarea depozitării, prin aducerea sfecei din câmp direct la fabrică;
- scurtarea duratei de procesare a sfecei 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 sfecei să nu depășească 20 km, în vederea reducerii distanțelor de transport, respectiv a cheltuielilor și pierderilor.

2.4. DESCĂRCAREA ȘI DEPOZITAREA SFECEI DE ZAHĂR ÎN FABRICĂ

În fabrica de zahăr trebuie menținut un stoc de sfeclă, care să asigure continuitatea producției pe o durată de minim 2- 3 zile. Sfecla, adusă în fabrică direct din câmp sau din bazele de recepție, este descărcată cu diferite echipamente sau manual, astfel:



- manual: cu furci cu dinți rotunjiți, din căruțe, remorci, masini;
- mecanic: cu platforme ce se înclină, prin besculare;
- hidraulic: cu jet de apă sub presiune de 4 daN/cm², cantitatea de apă necesară fiind de 600 - 800 l/100 kg sfeclă.

În fabrică depozitarea sfecei se face ca în Fig. 2.4., pe platformă cu înclinare de 10 -15° a pereților laterali sau în canale de adâncime, cu secțiune triunghiulară, având pereții laterali înclinați la 45°. Sub canalul de depozitare se află canalul transportor, cu pantă de scurgere.

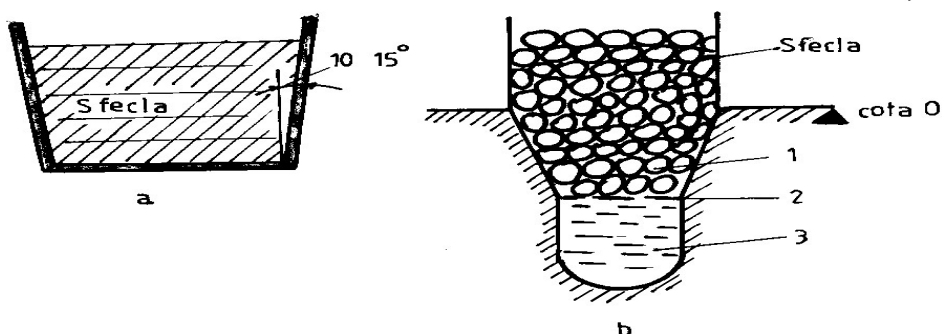


Fig. 2.4. Depozitarea sfecei în fabrică:

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

2.5. TRANSPORTUL SFECLEI 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 se face cu apă, cca. 600 - 1000 l/100 kg sfeclă, la temperatura de $\sim 20^{\circ}\text{C}$ și o viteză de 0,6 - 0,7 m/s, realizându-se și o spălare parțială. În timpul transportului hidraulic al sfecele se înregistrează pierderi de zahăr de cca. 0,01-0,02%.

Pe traseul transportului hidraulic sunt montate următoarele utilaje:

- dozatorul de sfeclă;
- prinzătorul de pietre;
- 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 spițele 2, prevăzute cu gratarele 3, printre care poate trece apa.

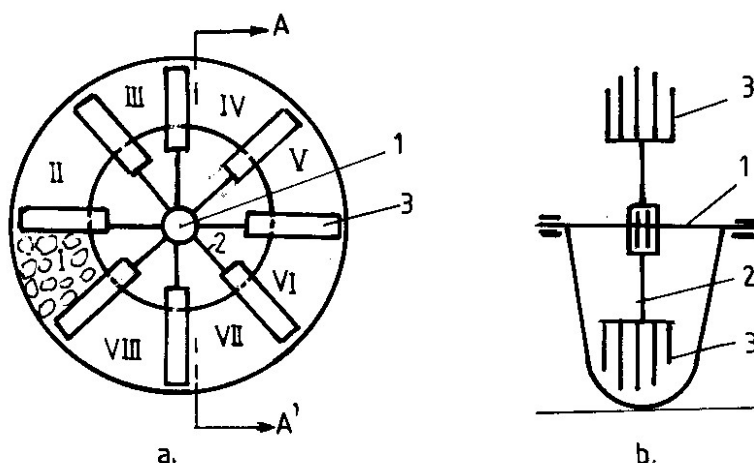
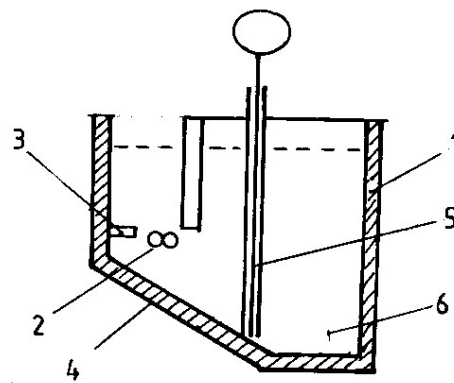


Fig. 2.5. Dozatorul de sfecla
a – vedere din față; b – secțiune A – A'.

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. Înprinzător, se află două stuțuri 2, prin care se trimite apa intermitent, cu ridicarea registrului 5, dar și două stuțuri 3, prin care se pompează apa sub presiune.

Prinzătorul de paie (Fig. 2.7.), este destinat eliminării paielor, frunzelor, vrejurilor antrenate de apă la masina 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. Greblele descarcă, materialul vegetal colectat într-un transportor montat perpendicular pe direcția de mers aprinzătorului de paie.

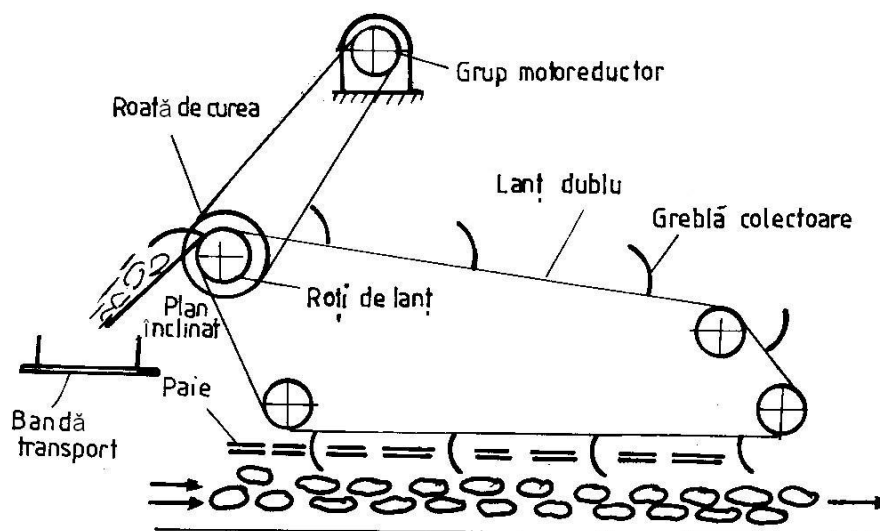


Fig. 2.7. Prinzător de paie.

Utilajul de ridicat sfeclă la masina de spălat este necesar pentru a ridica sfecla de la canalul de transport hidraulic, care se află la cota negativă față de cota zero, până la masina de spălat, aflată la primul palier al fabricii; acest utilaj de ridicat poate fi:

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

a. Transportor elicoidal înclinat (Fig. 2.8.), folosit pentru ridicarea sfeclei 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 sfeclei. Coeficientul de umplere al transportului este de 45 - 54%.

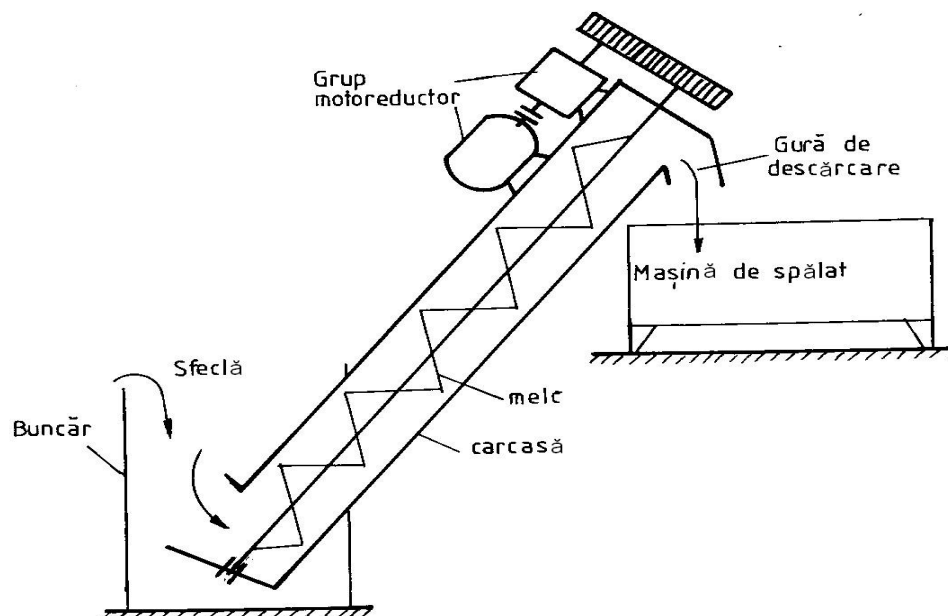


Fig. 2.8. Transportor elicoidal înclinat, pentru ridicarea sfecei de la o adâncime de cca.3 m.

Capacitatea de transport pentru transportorul elicoidal este dată de relația:

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

în care: D – diametrul snecului, m;
d – diametrul axului, m;
 φ - coeficient de umplere;
p – pasul snecului;
 ρ – densitatea sfecei, kg/m³.

b. 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. Productivitatea pompei Mamut, este dată de relația de mai jos:

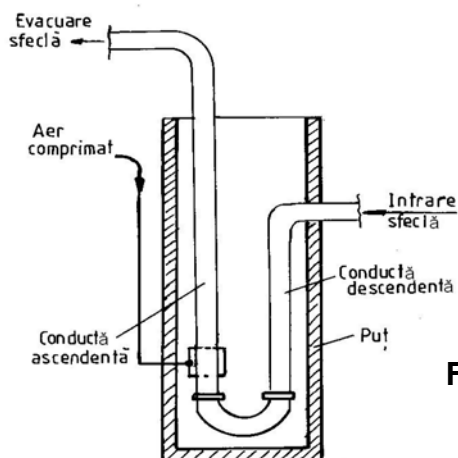


Fig. 2.9. Pompa Mamut.

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

în care: D – diametrul pompei;
 v – viteza amestecului în cotul de aspirație, m/s;
 φ - coeficient de umplere;
 ρ - masa volumetrică, kg/m³.

c. Roata elevatoare (Fig.2.10.) este destinată ridicării sfeclei la înălțimea de cca. 8 m. 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 spițele 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 sfecla 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, m³;
 φ - coeficientul de umplere al cupei (0,7-0,75);
 ρ – masa volumetrică a sfeclei, kg/m³;
 v – viteza periferică a roții, m/s;
 h – pasul cupelor, mm.

$$v = \frac{\pi Dn}{60}, \text{ în care: } D - \text{diametrul roții, m;}$$

n – numărul de rotații/min.

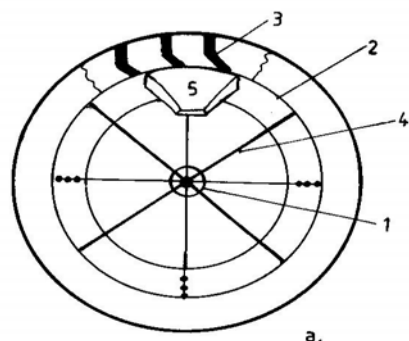
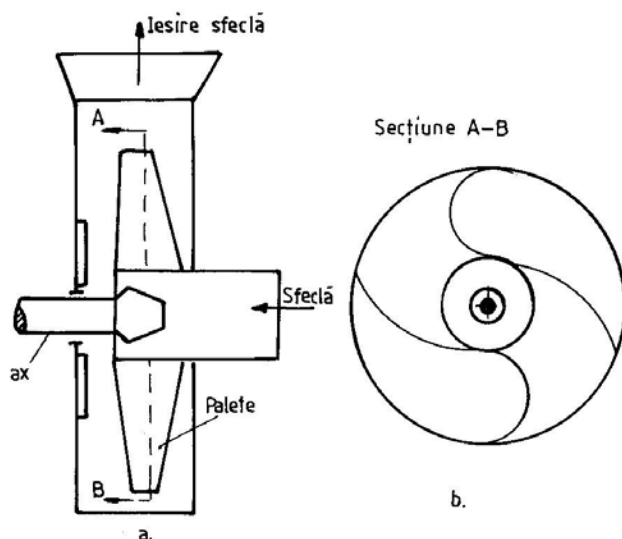


Fig. 2.10. Roată elevatoare:
a – vedere din fața; b –
secțiune transversală.



2.6. SPĂLAREA SFECLEI DE ZAHĂR

Spălarea sfeclei de zahăr este o procedură necesară pentru a avea indicatori mai buni în fabricație, anume:

- îndepărtarea pământului aderent pe suprafața sfeclei, care ar produce uzura masinii 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 cca.40 kg/100 kg sfeclă. Masina de spălat sfeclă poate fi amplasată în mai multe locații, anume:

- în hala de fabricație, în vecinătatea punctului terminal al canalului transportor;
- într-o încăpere alăturată, separată 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 sfeclă.

Maschinele pentru spălat sfeclă pot fi:

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

Cea mai utilizată este masina cu 3 compartimente (Fig. 2.12.), 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. Paletelile de pe ax asigură o agitare puternică a sfeclei. Axele primesc mișcarea de rotație prin intermediul unui grup motoreductor.

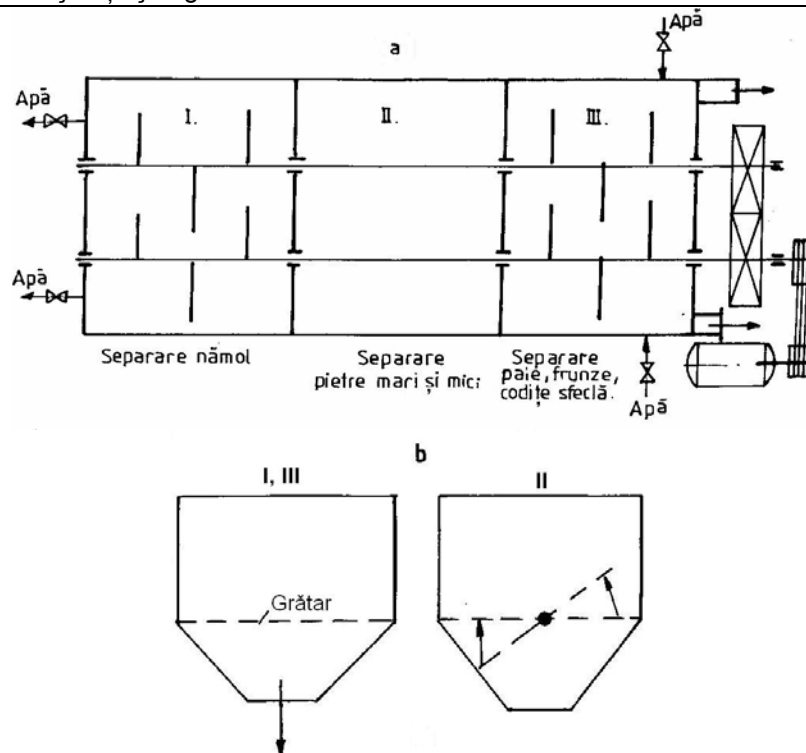


Fig. 2.12. Masina de spălat sfeclă

a – vedere de sus; b – secțiune transversală prin compartimentul I, III și II.

Cuva paralelipipedică este împărțită în 3 compartimente, fiecare terminat cu o porțiune sub formă de trunchi de piramidă, cu rol 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 care 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 masinii cu 3 compartimente este dată de relația:

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

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

2.7. RIDICAREA SFECLEI LA CÂNTAR SI LA MASINA 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 $\Phi = 800 - 1500$ mm, la căpătul cărora se află două roți de lanț, care angrenează două lanțuri ce se mișcă cu 1 m/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.

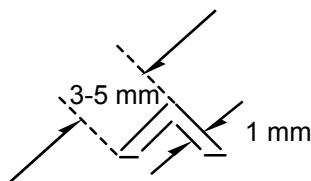
Se utilizează cântare automate cu capacitatea cupei de 400 - 600 kg sfeclă.

2.8. TĂIEREA SFECLEI DE ZAHĂR

Scopul tăierii sub forma de tăieței este acela de a mări suprafața de contact a apei cu sfecla, ceea ce conduce la mărirea cantității de zahăr ce se extrage din tăieței și la micșorarea timpului de extracție.

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

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



Pentru a fi cât mai eficientă extracția zahărozei, tăieței trebuie să îndeplinească anumiți indicatori de calitate, anume:



- **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 tăiețelilor cu lungime > 5 cm și masa tăiețelilor mai scurți de 1 cm. Valoarea normală a cifrei suedeze este de cca.20 (12 – 30).
- **Procentul de sfărâmături**, care reprezintă porțiunile de tăieței ce se îndepărtează din 100 g de tăieței la determinarea cifrei SILIN, trebuie să fie $< 2\%$.

Taierea sfeclei sub forma de tăietei se face cu ajutorul **masinilor de taiat**, care pot fi de urmatoarele tipuri:

a. Masina 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. Tăiețelii rezultați sunt evacuați pe la partea inferioară a masinii. Masina se caracterizează prin: $\Phi_{\text{disc}} = 1350 - 2200$ mm, numărul port cuțite = 22–26, turația discului = 60-70 rot/min, lungimea de tăiere a cuțitelor = 274-411 mm.

b. Masina 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 alimentarea cu sfecla, iar la partea inferioară pâlnia 5, pentru evacuarea tăiețelilor. Axul rotorului este pus în mișcare de sistemul 6. Cuțitele masinii 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 depreciață, de la sfârșitul campaniei de procesare.

Un cuțit pentru tăiat sfecla (Fig. 2.15) se caracterizează prin câțiva parametri :



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

Pentru a obține tăietei 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 masina (Fig. 2.16)

Cuțitele se montează în portcuțite. Un port cuțit (Fig. 2.17.) este format dintr-o ramă 1, fălcile 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).

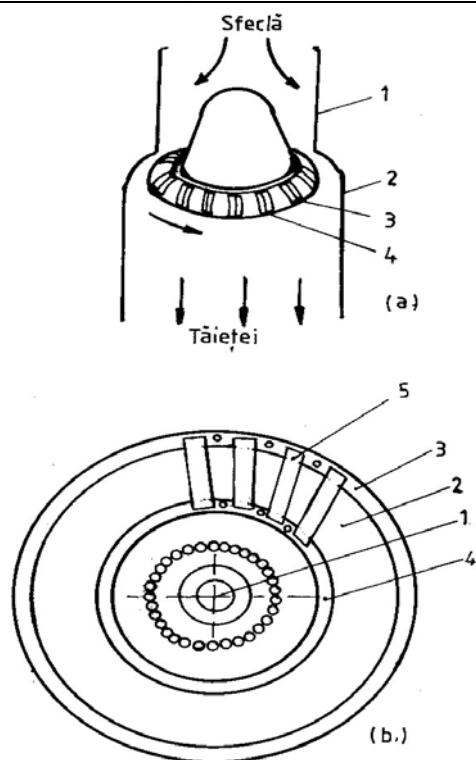


Fig. 2.13. Masina de tăiat sfeclă cu disc:
a – schema de principiu; b – discul masinii de tăiat sfeclă:
1 – butuc; 2 – placă; 3 – coroană exterioară;
4 – coroană interioară; 5 – locasuri pentru cuțite.

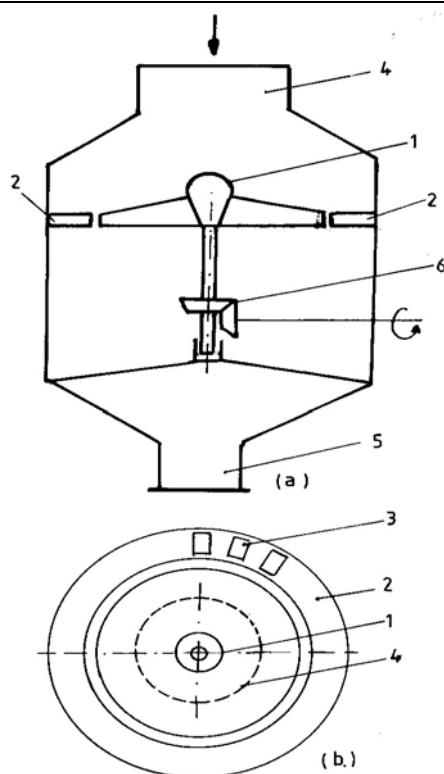


Fig. 2.14. Masina centrifugală de tăiat sfeclă:
a – schema de principiu; b – vedere de sus.

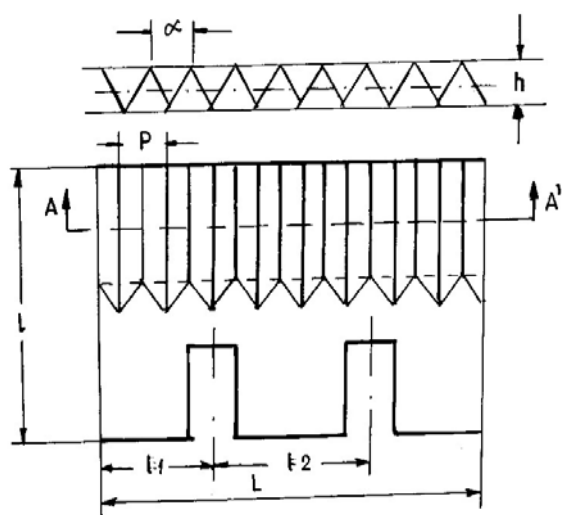


Fig. 2.15. Cuțitul pentru tăiat sfeclă.

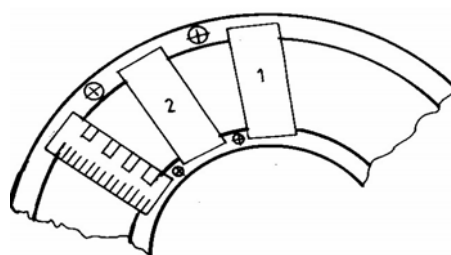


Fig. 2.16. Montarea cuțitelor pe disc.

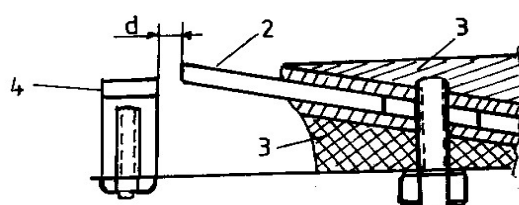


Fig. 2.17. Portcuțit și cuțitul montat.



2. Teste pentru autoverificarea cunostințelor:

1. Recepția sfecei de zahăr este :

- a) calitativă;
- b) calitativă și cantitativă;
- c) cantitativă și organoleptică.

2. Pierderile de zahăr în timpul depozitării au loc datorită:

- a) transpirației sfecei;
- b) respirației sfecei;
- c) incolțirii sfecei.

3. Cantitatea de apă utilizată la transportul mecanizat al sfecei către secție este:

- a) 50-100 l/100 kg sfeclă;
- b) 1000-2000 l/100 kg sfeclă;
- c) 600-1000 l/100 kg sfeclă;

4. Prințul de pietre folosește pentru:

- a) eliminarea paielor, frunzelor, vrejurilor;
- b) trimiterea ritmică a sfecei către prelucrare.
- c) eliminarea corpurilor neutilizabile care nu plutesc.

5. Pompa Mamut este un utilaj folosit pentru:

- a) aspirarea apei din bazin;
- b) ridicat sfeclă;
- c) transportor de sfeclă.

6. Indicatorii de calitate ai tăieților sunt :

- a) Cifra SILIN, procentul de sfărâmături, Cifra suedeză;
- b) procentul de sfărâmături, Cifra suedeză;
- c) Cifra SILIN, Cifra suedeză;

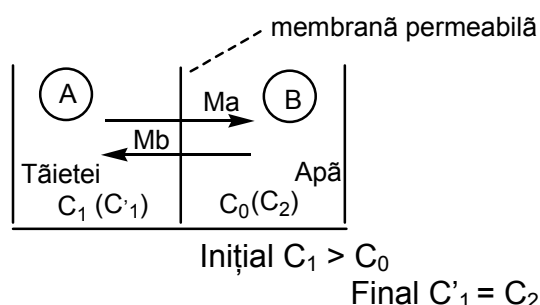
7. Stratul de sfeclă în mașina de tăiat are o grosime de:

- a) 50 cm;
- b) 2-3 m;
- c) 5-6 m.

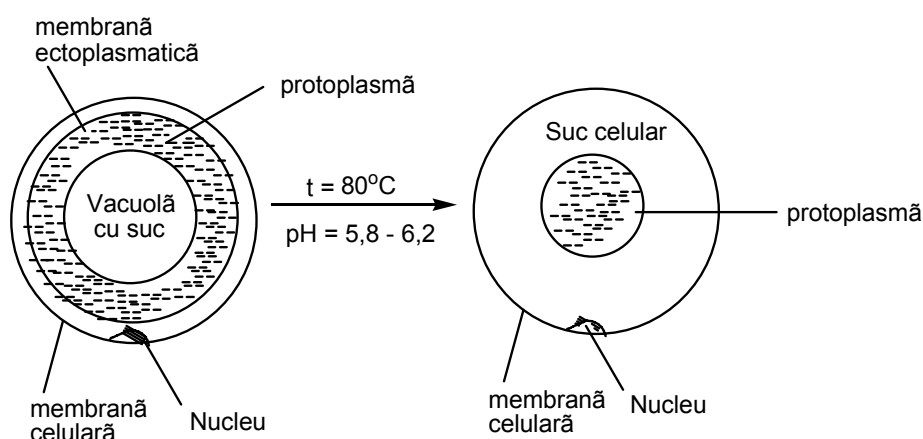
CAP.3. EXTRAȚIA ZAHĂRULUI DIN TĂIEȚEI - DIFUZIA

3.1. INTRODUCERE

Extracția zahărului din tăieții de sfeclă, are loc prin procesul de difuzie cu apă. La baza extracției stau legile generale ale osmozei, 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 acel moment.



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 protoplasmei celulare și retragerea ei spre centrul celulei, concomitent 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 tăietei 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:

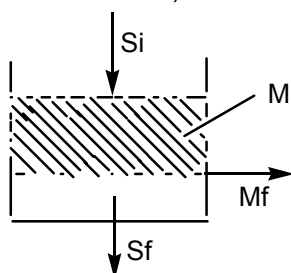
$$D = \frac{k_0 \cdot T_m}{\eta},$$

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 $\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$.

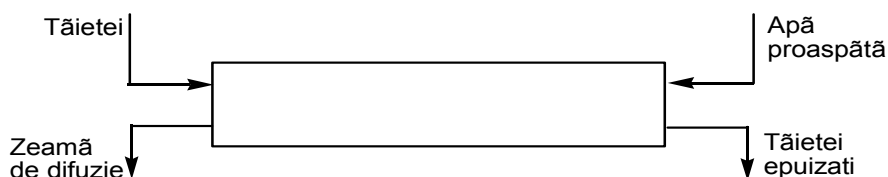
3.3. METODE DE REALIZARE A DIFUZIEI

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 (Si – apa proaspătă; Sf – zeamă de difuzie; Mi – material inițial; Mf – material epuizat).



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



Difuzia în contracurent prezintă următoarele avantaje:

- 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 cu un consum mai mic de căldură în stația de evaporare.

3.4. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ PROCESUL DE DIFUZIE

Acești factori sunt, în principiu, legați de calitatea materiei prime, anume:

Calitatea materiei prime.

Difuzia este mai bună în cazul tăiețelilor din sfeclă proaspătă, ajunsă la maturitate tehnologică, neînghețată/desghețată, fără structură lemnoasă și neatacată de microorganisme:

- sfecla vestejită/lemnoasă - conduce la sfărâmături și tăieței de formă necorespunzătoare la tăiere;
- 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 zaharoza.

Calitatea tăiețelilor.

Tăieții trebuie să asigure o suprafață mare de contact cu zeama de difuzie, deci trebuie să fie lungi, subțiri, dar rezistenți la rupere și tasare, pentru a nu 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 = 5,8 – 6,3. La acest pH, din sfeclă se extrag mai puține substanțe pectice, care măresc vâscozitatea zemii de difuzie și îngreunează procesul de purificare și filtrare a zemurilor și duc la creșterea de zahăr în melasă.

Pentru a fi refolosită, apa de presa de la borhot 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 - 74°C, dar plasmoliza se realizează complet la 80°C; temperaturi > 74°C favorizează trecerea substanțelor pectice în zeama de difuzie, înmuierea și tasarea tăiețelilor, ceea ce conduce la încetinirea circulației zemii.

Durata de difuzie.

Durata de difuzie normală este de 60 - 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 instalație în raport cu greutatea sfeclei. Sutirajul normal este de 105 - 130 %, la depășirea sutirajului zeama este prea diluată și deci se consumă multă energie la concentrare. Sutirajul este dat de relația:

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

in care: P- zahărul din 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 este 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 tăiețeii 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 mai multe căi:

- cu sfecla;
- cu apa de transport, spălare, difuzie;
- cu resturile de tăieței care rămân pe transportoare, jghiaburi etc.

Infecția cu microorganism se poate combate prin respectarea unor reguli tehnologice stricte, cat si prin reguli de igiena, cum ar fi :

- 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%

etc.

3.5. INSTALAȚII DE DIFUZIE

In practica cel mai adesea se utilizeaza următoarele instalații de difuzie:

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

a. Instalația RT (Fig. 3.1.). are drept component principal un tambur orizontal din oțel, care se învâрте pe două role de susținere prin intermediul a două bandaje. Miscarea de rotație se realizează prin intermediul unei coroane dințate, angrenate de o roată dințată, aflată pe axa grupului motoreductor. 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 curenți 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 centrala si 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

roteste, tăiețeii alunecă în sens invers sensului de înaintare a spiralelor. Când tamburul se rotește, placa perforată ridică tăiețeii și îi scoate din zeamă, iar când înclinația plăcii este destul de mare, tăiețeii alunecă pe tablele înclinate în compartimentul următor. La fiecare turație a tamburului, datorită celor două spire, zeama se deplasează în două compartimente iar tăiețeii în sens invers, numai într-un singur compartiment. Temperatura din tambur este de 70°C, durata de deplasare a tăiețeilor de 100 min, iar a zemii de difuzie de 50 min.

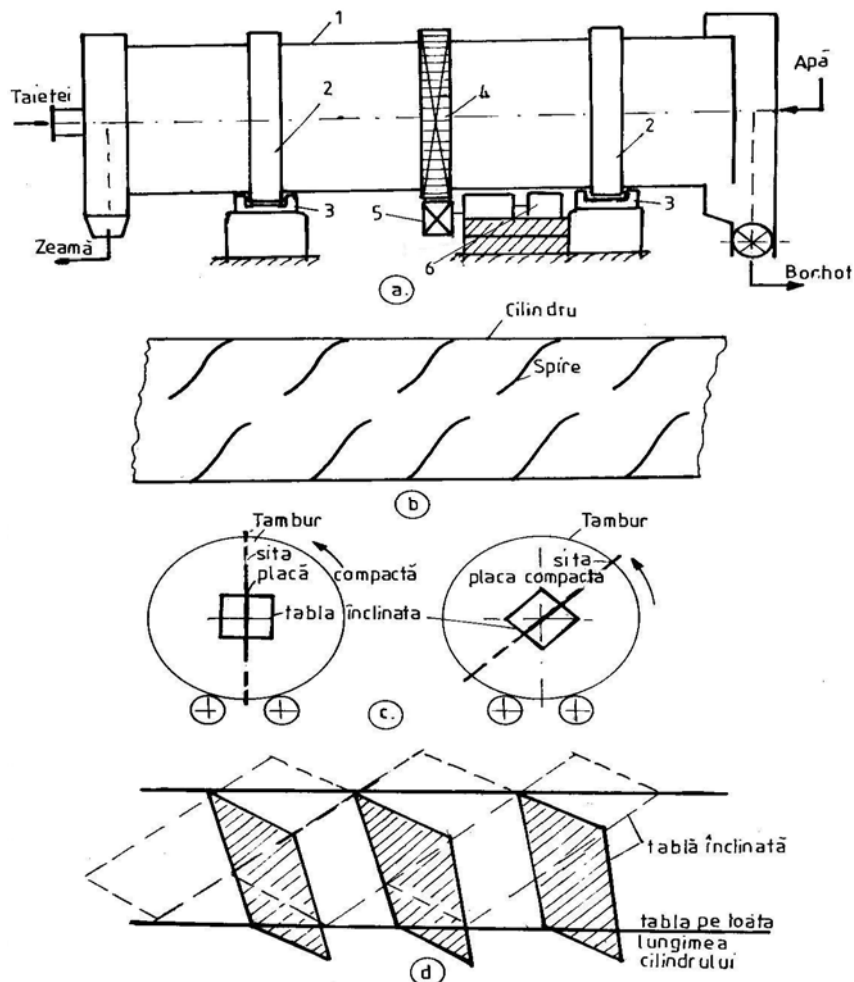


Fig. 3.1. Instalația RT

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.

b. 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 încărcătura aparatului cu tăieței. La partea superioară a coloanei, sunt montate stuțurile pentru admisia apei, cel de sus pentru apa rece, iar cel de jos pentru apă caldă. Evacuarea tăiețeilor se face pe la partea inferioară a coloanei.

Tăiețeii sunt preancălziți în afara extractorului, într-un amestecător,

pe seama zemii de difuzie de circulație, care trece printr-un preincalzitor. Din amestecător tăieței de sfeclă sunt trimisi la baza extractorului, deasupra sitei și circulă de jos în sus, în contracurent cu apa.

Instalația BMA se caracterizează prin: productivitatea = 1500 t/24h (pentru $H = 24$ m și $\Phi = 3,7$ m); 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.

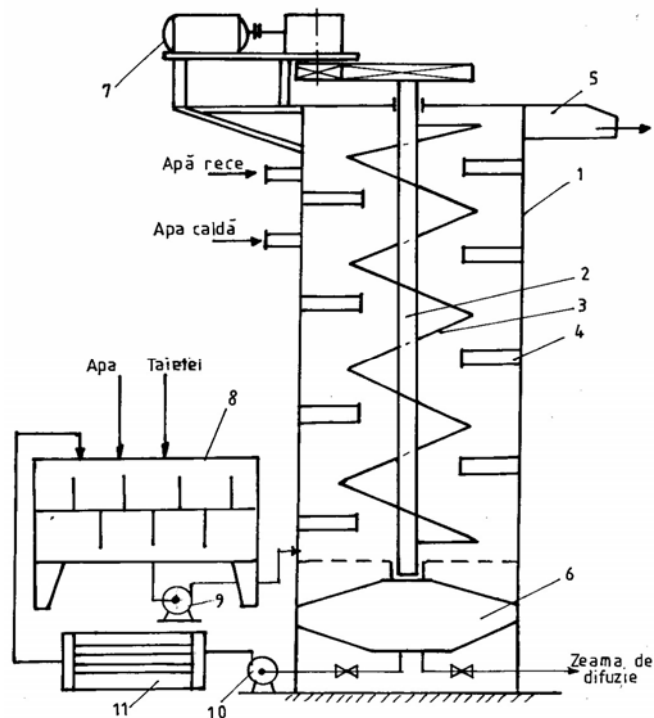


Fig. 3.2. Extractorul (difuzorul) BMA:

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

c. Extractorul DDS (Fig. 3.3) face parte din categoria extractoarelor cu înclinație ușoară față de orizontală, deplasarea tăieților 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 tăieții 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, care se întrepătrund. La capătul 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.

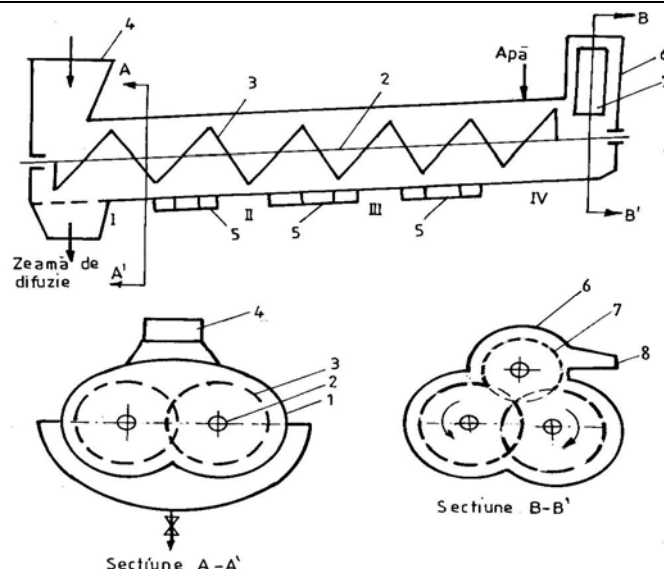


Fig. 3.3. Schiță de principiu a extractorului DDS:

1-corpul snecurilor; 2-ax; 3-spire; 4-gură de încărcare; 5-sistem de încălzire;

6-carcasa roții elevatoare pentru evacuare borhot; 7-roată elevatoare; 8-descărcare borhot.

Zonele de lucru ale aparatului sunt:

- **zona I** - de lângă sită, care este neancălzită și în care temperatura tăiețelilor este de 20 - 25°C, iar a zemii este < 50°C, pentru ca tăiețelii să nu se înmoaie;
- **zona II** - în care se realizează plasmoliza tăiețelilor, la $t = 75 \dots 78^\circ\text{C}$;
- **zona III** - de extracție propriu zisă, la care $t = 70 - 72^\circ\text{C}$;
- **zona IV** - de evacuare a borhotului, neancălzită, în care tăiețelii 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 tăiețelii folosiți trebuie să fie de 7-14 m, iar **Cifra suedeză** să fie 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

Pentru a face calculul operațiunii de difuzie avem în vedere bilanțul de materiale și bilanțul în zahăr.

1. Bilanțul general de materiale:

$$T + A = S + B,$$

în care: T - cantitatea de tăiețel; 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.

2. 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 zeama de difuzie,%;
 a_b – pierderi de zahăr în borhot, raportat la 100 kg sfeclă;
 a_n –pierderi nedeterminate de zahăr la 100Kg 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 zeama de difuzie, %;
a-pierderi totale la difuzie, la sfecla prelucrată,%.

3.7. PRESAREA SI USCAREA BORHOTULUI

De la difuzie rezultă zeama de difuzie si borhotul. Borhotul reprezintă 90% din sfecla la difuzia discontinuă si 70-80% la difuzia continuă.

Borhotul:

- 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.

Borhotul este format din:

Conservabilitatea borhotului crește dacă acesta se supune presării, în primă fază, astfel încât conținutul de substanță uscată ajunge la 16 – 20%.

Presarea se face cu prese verticale sau orizontale, prezentăm ca mai utilizată presa

orizontală. (Fig. 3.4.).

Presarea borhotului este influențată de o sumă de factori, anume:

- turația axului presei, care la rândul ei influențează capacitatea presei și conținutul de substanță uscată din borhot;
- suprafața liberă de presare, care determină: viteza de eliminare a apei; suprafața liberă a presei este dependentă de numărul orificiilor și dimensiunile acestora din sita cilindrică a presei;
- calitatea sfeclei folosită la formarea tăieților: tăieții din sfecla imatură se presează mai greu după epuizarea la difuzie, fibrozitatea fiind mai redusă și având un conținut mai mare de substanțe pectice care rețin apă;

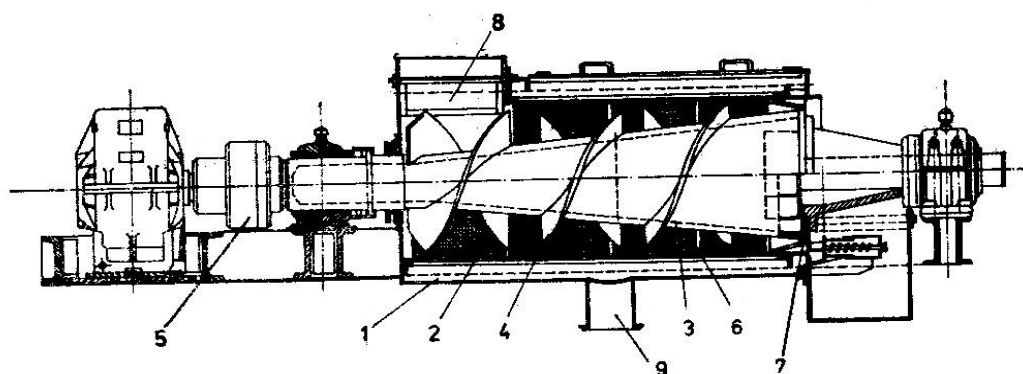


Fig. 3.4. Presă orizontală de borhot:

- 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.

• 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 tăieților;
- temperatura de difuzie < 40°C conduce la întărirea tăieților, iar temperatura prea mare conduce la destrămarea lor, presarea ambilor fiind mai dificilă;

O conservabilitate mai mare a borhotului este realizată prin uscare, la un conținut de apă de 10-12%, iar substanța uscată la 88-90%, operație 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, % sfeclă;
 P_b – polarizația borhotului.

❖ Bilanțul la presare este dat de formula:

$$G_1 = G_2 + W,$$

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



3. Teste pentru autoverificarea cunostințelor:

1. Metodele utilizate pentru realizarea difuziei sunt :
 - a) metoda prin spălare cu apă curată;
 - b) plasmoliza;
 - c) metoda in contracurent.
2. Procesul de difuzie este influențat de pH-ul apei, care trebuie să fie :
 - a) 5,8 – 6,3;
 - b) < 5,8 ;
 - c) > 6,0.
3. Care este temperatura optimă la difuzie ?
 - a) < 70°C;
 - b) > 80°C;
 - c) 70 - 74 °C;
4. Sutrăjul este :
 - a) cantitatea de zeamă de difuzie;
 - b) substanța uscată din zeama de difuzie;
 - c) cantitatea de zahăr din zeama de difuzie.
5. Prin uscarea borhotului, conținutul de apă al acestuia ajunge la :
 - a) 20%;
 - b) 30%;
 - c) 10-12%.
6. Difuzia este direct proporțională cu :
 - a) suprafața de contact între faze;
 - b) drumul străbătut de moleculele ce difuzează;
 - c) lungimea tăieților.
7. Pentru ca plasmoliza să fie eficientă trebuie ca sutrăjul să aibă valoarea :
 - a) 105 – 130% în raport cu greutatea sfeclei;
 - b) > 150% în raport cu greutatea sfeclei;
 - c) < 100% în raport cu greutatea sfeclei.

Cap. 4. PURIFICAREA ZEMII DE DIFUZIE

După separarea de borhot, zeama de difuzie ramasa reprezintă o soluție slab acidă, cu $\text{pH} = 5,8 - 6,5$ și o puritate de 82 - 88%, un Brix de 13 - 15%, care spumează și are în suspensie pulpă fină de sfeclă și impurități minerale. Culoarea zemii este brun-închis spre negru.

4.1. COMPOZIȚIA CHIMICĂ A ZEMII DE DIFUZIE

Zeama de difuzie conține o cantitate de substanță uscată denumită *nezahăr*, de 1,5 - 2,5%, nedorită în zeama de difuzie și formată din:



Nezahar:

- substanțe anorganice ;
- substanțe organice solubile fără azot;
- substanțe organice coloidale fără azot;
- substanțe organice cu azot;
- substanțe organice coloidale cu azot.

Substanțe anorganice : sunt săruri 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 zemii.

Substanțe organice solubile fără azot : sunt acizi organici (citric, lactic, oxalic, malic, acetic, butiric), zahărul invertit provenit din zaharoza și rafinoză, care se găsesc în cantități mici.

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

o cantitatea de substanțe pectice care trece în zeama de difuzie depinde de anumiți factori:

- calitatea sfeclei: o sfeclă imatură conduce la o zeamă cu o cantitate mai mare de substanțe pectice;
- pH-ul zemii: la $\text{pH} = 6,7$ are loc o trecere redusă a substanțelor pectice în zeamă, iar la 7,0 cantitatea se dublează;
- temperatura și durata difuziei: relație direct proporțională (temperatură/ durată mai mare de difuzie, crește cantitatea de substanțe pectice în zeamă);

o substanțele pectice din zeama de difuzie conduc la probleme în desfășurarea procesului tehnologic:

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

Substanțe organice cu azot : mai multe grupe, anume:

o aminoacizi: ac.aspartic, glutamic, alanina, izoleucina, glicocolul, tirozina, cu consecințe negative:

- participă la reacții de îmbrunare neenzimatică cu zahărurile reducătoare, contribuind la închiderea culorii zemii;
- sub acțiunea tirozinazei, tirozina formează melanine care intensifică culoarea zemii;
- formează cu CaO săruri solubile, care devin insolubile la evaporare, formând cruste ce se depun pe țevi;
- o amidele aminoacizilor care se descompun în prezența CaO, cu formare de amoniac (NH_3);
- o baze organice: betaina, colina, care ajung în melasă antrenând și zahărul.

Substanțe organice coloidale cu azot : sunt albumine și peptone, care la 70°C coagulează și nu trec în soluție decât în cantități mici, care reacționează cu CaO și sunt eliminate la purificare.

4.2. OPERAȚIILE PROCESULUI DE DIFUZIE

Pentru a obține zahăr prin fierbere și cristalizare, zeama de difuzie trebuie purificată, din următoarele considerente de eficiență a procesului:

- trebuie eliminate particulele în suspensie și proteinele coagulate, care produc greutate la filtrare;
- zeama are reacție acidă ($\text{pH} = 5,8 - 6,5$, corespunzător la $0,04\%$ CaO); la asemenea pH, zaharoza se inverteste, 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 greutate la fierbere și cristalizare.

Zeama de difuzie se supune procesului de purificare, care constă din operațiile prezentate în Fig. 4.1. și anume:

- **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, ci doar o parte din pectine și saponine, prin adsorbție pe CaO coloidal, din soluție sau pe cristalele de CaCO_3 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.



Predefecarea:

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

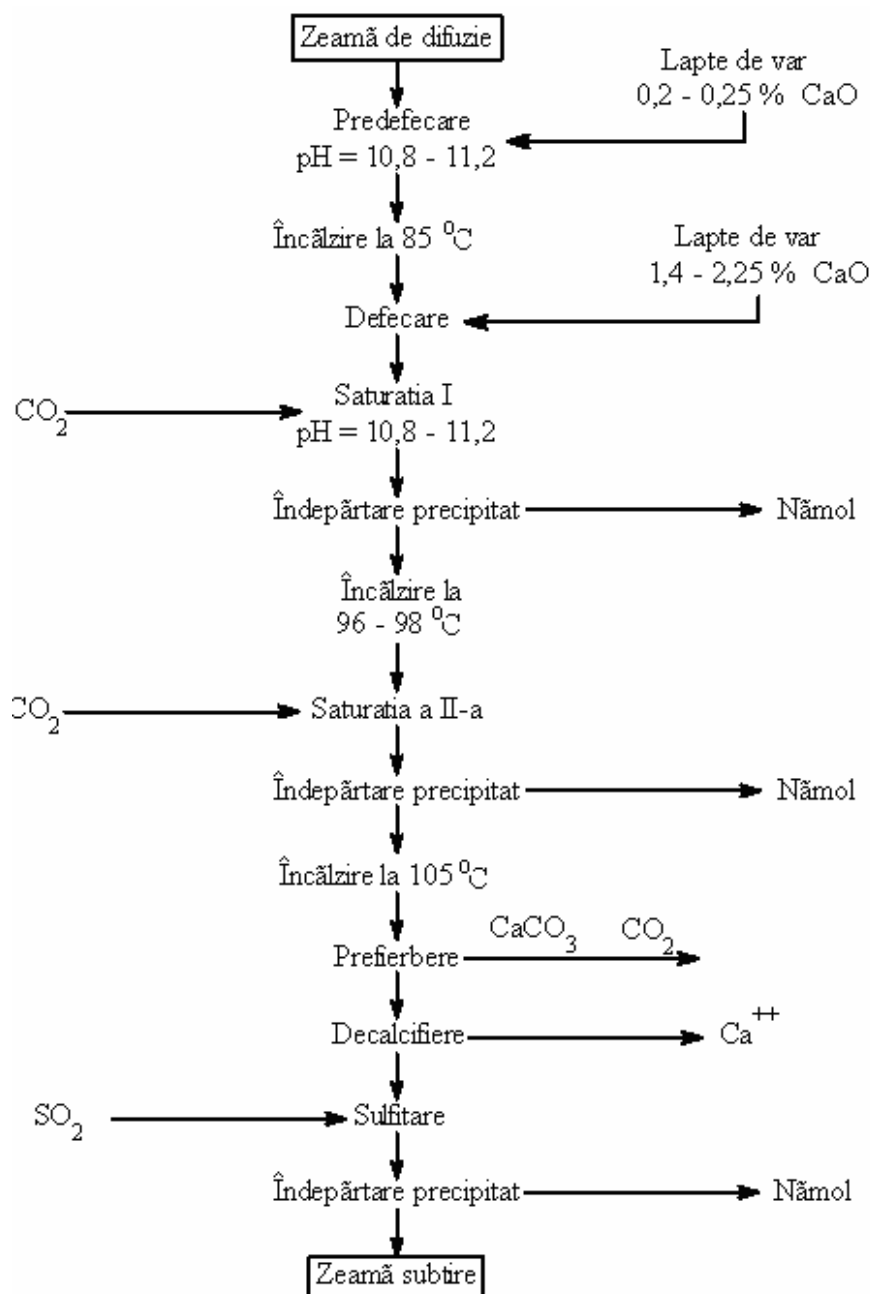


Fig. 4.1. Schema tehnologică recapitulativă de la purificarea zemei de difuzie.

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 este împărțit în 7 compartimente, în secțiune longitudinală, 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 stuțul (10) în compartimentul (1), iar laptele de var în compartimentul (7) prin conducta (11). Zeama predefecată iese prin preaplinul (12). Cu ajutorul registrului (13), prin ridicare/coborâre se poate varia nivelul zemei 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 CaCO_3 cu proprietăți adsorbante sau cu nămol concentrat de la decantare (care de

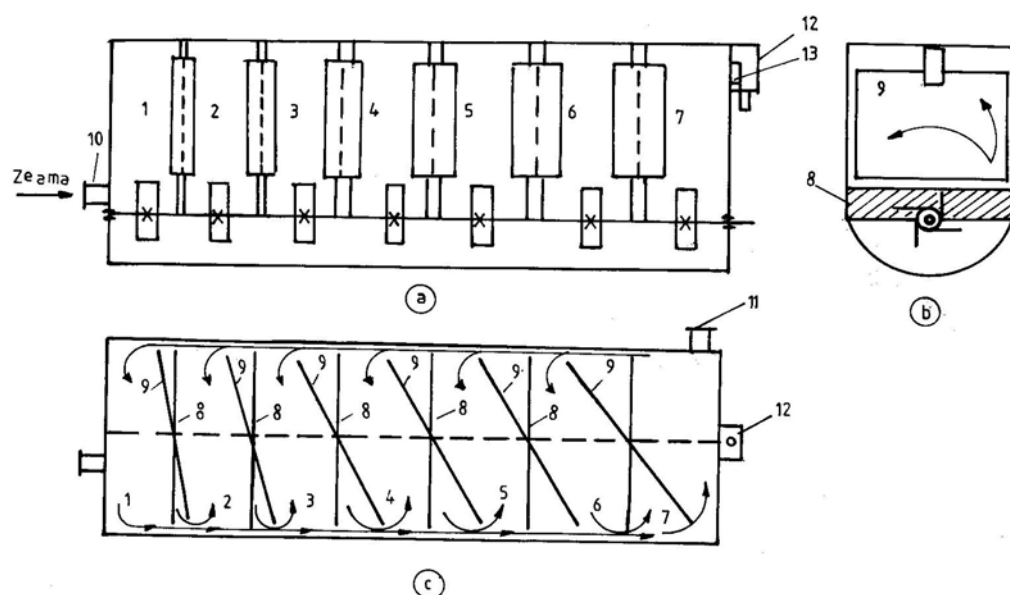


Fig. 4.2. Prefacatorul Briegell – Müller

- **Defecarea** este operația care are drept scop:
 - precipitarea compusilor 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 zemei carbonatate;
 - sterilizarea zemei prin acțiunea $\text{Ca}(\text{OH})_2$ asupra microorganismelor.
 În timpul acestei operațiuni au loc anumite reacții chimice:
 - nezahărurile anorganice sunt precipitate de sulfați (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 defecare pot fi:
 - *aparate de defecare 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 și are $D > H$, prevăzut cu agitator cu palete (cu 1 tură/minut), care lucrează la 40°C .

- **Saturația I.** Are drept scop formarea de precipitat cu excesul de lapte de var sau laptele de var slab legat sub formă de zahărați mono și dicalcici.
 La saturația I intră zeama defecată cu alcalinitate 1,5 - 2% CaO și temperatura de $85 - 90^\circ\text{C}$, care este tratată cu gaz de saturație ce provine de la cuptorul de var (conține 26 – 34% CO_2). Saturația I are loc în saturatoare, până la o alcalinitate de 0,06 - 0,1% CaO , adică până la $\text{pH} = 10,8\text{v} - 11,2$.

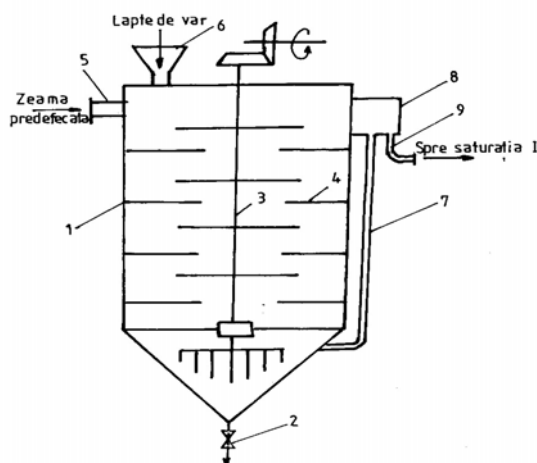
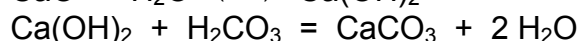
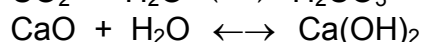
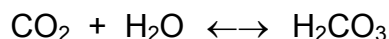


Fig. 4.3. Defecatorul la cald:

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.

La saturația I au loc următoarele reacții chimice:



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 CaCO_3 va trebui ca tot oxidul de calciu să se afle ca Ca(OH)_2 .

Saturația I are loc în următoarele condiții tehnice:

- temperatura zemii de defecație: 85 – 90°C;
- concentrația CO_2 în gazul de saturație: 26 – 34%;
- durata operației: cca. 8 minute;
- pH-ul final al zemii: 10,8 – 11,2 (același ca la predefecare).

Saturația I poate fi realizată discontinuu și continuu, astfel:

a. Saturația I discontinuă :

- avantaje:

- saturația se poate controla foarte bine;
- obținerea de gel intermediar favorizează absorbția nezahărului pe cristalele de CaCO_3 ;
- cristalele de CaCO_3 fiind foarte mici, se favorizează purificarea.

- dezavantaje:

- cristalele mici de CaCO_3 produc greutate de filtrare, viteza de sedimentare fiind mică, nu se pot folosi utilaje cu funcționare continuă pentru separarea cristalelor de CaCO_3 cu materialul adsorbit la suprafața lor;

- se produce spumă;
- necesită mai multe saturatoare (4 saturatoare), ceea ce ridică costul investiției.

b. Saturația I continuă prezintă următoarele:

- avantaje:

- se obțin cristale mari de CaCO_3 (5-10 μ) datorită alcalinității mai mici a zemii proaspete, ceea ce conduce la o filtrare mai ușoară a suspensiei de precipitat, ce are o viteză de sedimentare mai ridicată;
- se poate realiza recircularea zemii în aparat ceea ce conduce la creșterea cristalelor de CaCO_3 ;
- instalația este mai ieftină, fiind nevoie de un singur saturator.

• dezavantaje:

- nu se poate menține constant pH-ul datorită greutăților în reglarea tratării zemii cu CO_2 ;
- este posibil ca nu toată zeama să fie tratată uniform cu CO_2 ;
- 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. CO_2 pentru saturație este adus prin conducta (5) și distribuit prin barbotorul (6). CO_2 este dirijat în contracurent cu zeama care părăsește saturatorul prin conducta (7), trecând prin preaplinul (10). Gazul uzat părăsește aparatul prin racordul (11).

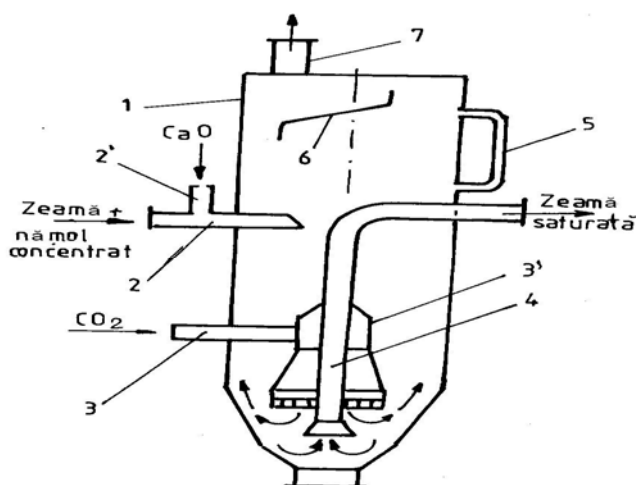


Fig. 4.4. Aparat pentru saturația I, cu funcționare discontinuă:
1 – vas cilindric; 2 – ștuț de alimentare cu zeamă + nămol concentrat; 2' – ștuț de alimentare cu CaO ; 3 – conductă de alimentare cu CO_2 ; 3' – distribuitor de CO_2 ; 4 – conductă de evacuare zeamă saturația I; 5 – sticlă de nivel; 6 – spărgător de spumă; 7 – racord de evacuare gaz de saturație uzat.

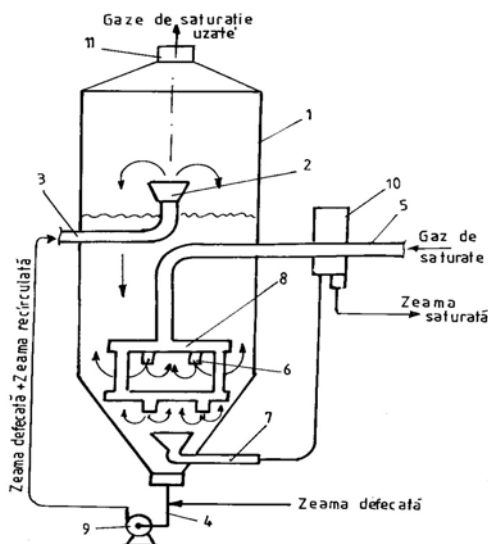


Fig 4.5. Aparat pentru saturația I, cu funcționare continuă:
1 – vas cilindric; 2 – distribuitor zeamă defecată + recirculată; 3 – ștuț intrare zeamă; 4 – conductă recirculare; 5 – conductă gaz de saturație; 6 – duze de distribuție gaz de saturație; 7 – conductă de evacuare zeamă saturată; 8 – distribuitor de gaz de saturație; 9 – pomă centrifugă; 10 – preaplin; 11 – 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 zemii în aparat este realizat prin conducta de nivel (5). Aparatul este prevăzut la partea superioară cu prinătorul de spumă (6) și racordul (7) prin care iese gazul de saturație.

acestui procedeu este necesar ca zeama să aibă un coeficient de sedimentare $Sk > 6 \text{ cm/min}$. și un coeficient de filtrabilitate $Fk < 6 \text{ s/cm}^2$. Viteza de sedimentare este influențată de mărimea și calitatea precipitatului, vâscozitatea zemii, temperatura zemii.

- o *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.

4.3. SCHEME DE PURIFICARE



Scheme de purificare a zemii :

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

a. 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).

b. 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 defeco-saturatorul (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).

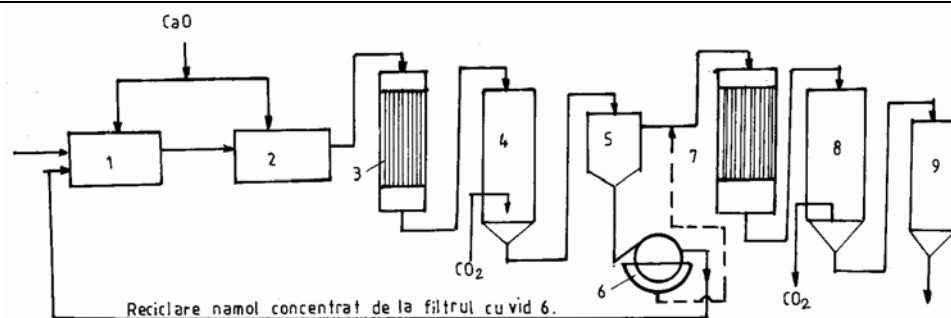


Fig. 4.6. Schema de purificare Briegell – Müller.

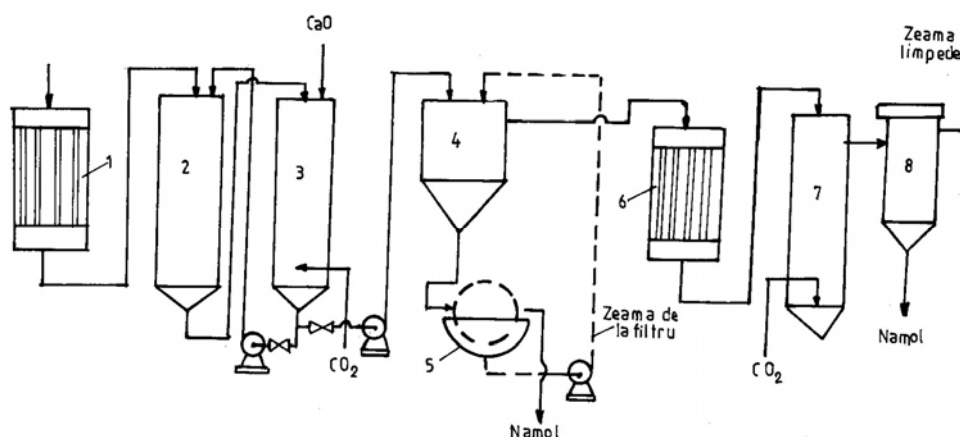


Fig. 4.7. Schema de purificare Door.

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

In 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 si 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) si 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.

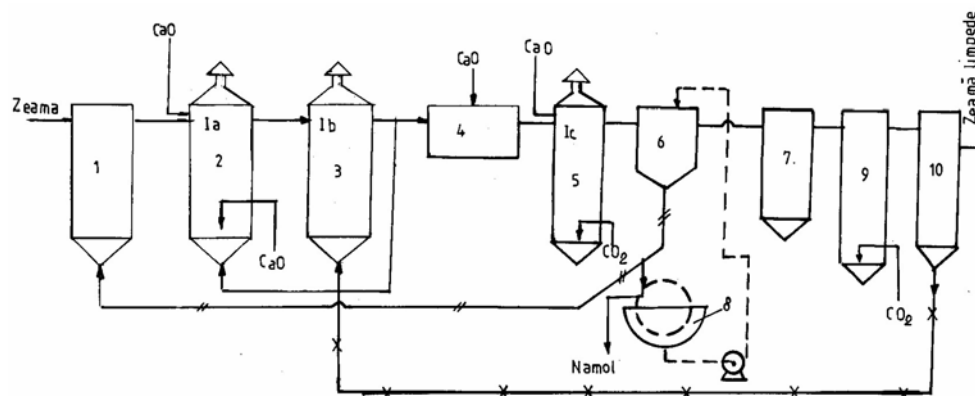


Fig. 4.8. Schema de purificare Schneider – BMA.

In cazul schemei Wiklund – Door (Fig. 4.9.), procesul decurge

după cum urmează: zeama de difuzie se preîncălzeste 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.

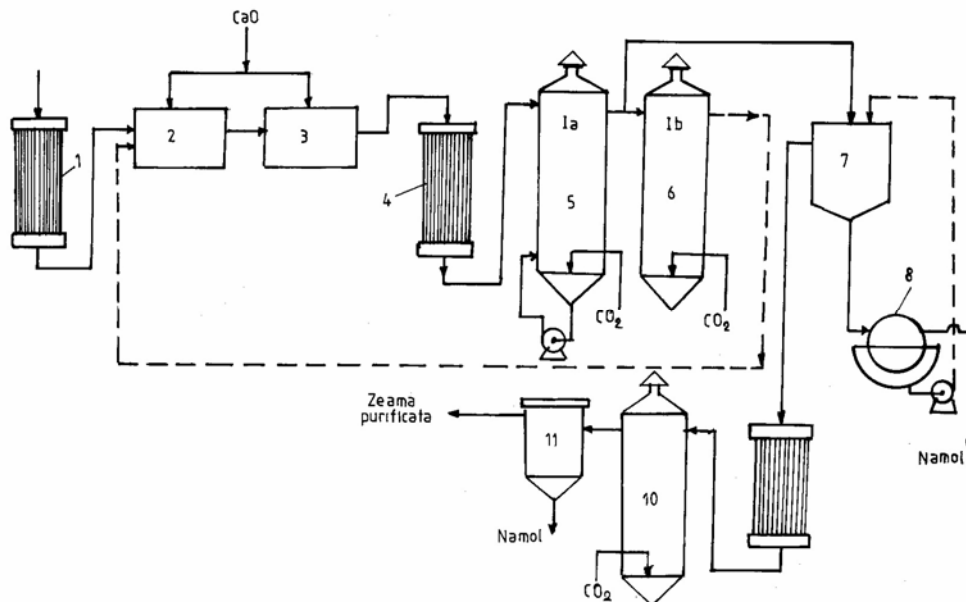


Fig. 4.9. Schema de purificare Wiklund – Door.

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=9 și este recirculată în predefecatorul (2). Restul zeamei de saturație 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).



4. Teste pentru autoverificarea cunostințelor:

1. Zeama de difuzie este o soluție:

- a) slab acidă;
- b) slab bazică;
- c) neutră.

2. Substanțele organice cu azot sunt :

- a) substanțe de natură proteică;
- b) substanțe pectice ;
- c) amoniac.

3. Laptele de var este adăugat în operațiunea de :

- a) predefecare;
- b) defecare;
- c) saturația all-a;

4. Gazul de saturație de la cuptorul de var este utilizat la :

- a) saturația a II-a;
- b) defecare;
- c) saturația I.

5. După saturația a II-a, zeama de difuzie este :

- a) acidă;
- b) bazică;
- c) neutră%.

6.Scopul saturației este :

- a) de a precipita excesul de var și de a diminua cantitatea de săruri de calciu;
- b) de a diminua cantitatea de săruri de calciu;
- c) de a subția zeama de difuzie.

7.Schemele de purificare ale zemii subțiri pot fi numai :

- a) cu coagularea coloizilor înaintea saturației I;
- b) fără coagularea coloizilor înaintea saturației I;
- c) cu sau fără coagularea coloizilor înaintea saturației I și mixte .

Cap. 5. EVAPORAREA ZEMII SUBȚIRI

5.1. Instalația de evaporare

Zeama purificată este o zeamă subțire, deoarece conține 11 - 15% substanță uscată și în continuare trebuie concentrată până la 60 - 65% substanță uscată, obținându-se zeama groasă.

Concentrarea se face de regulă într-o stație de evaporare cu multiplu efect (Fig.5.1.), formată 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 zemei 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 care lucrează la aceeași presiune, denumite și corpuri de evaporare, formează o treaptă sau un efect de evaporare.

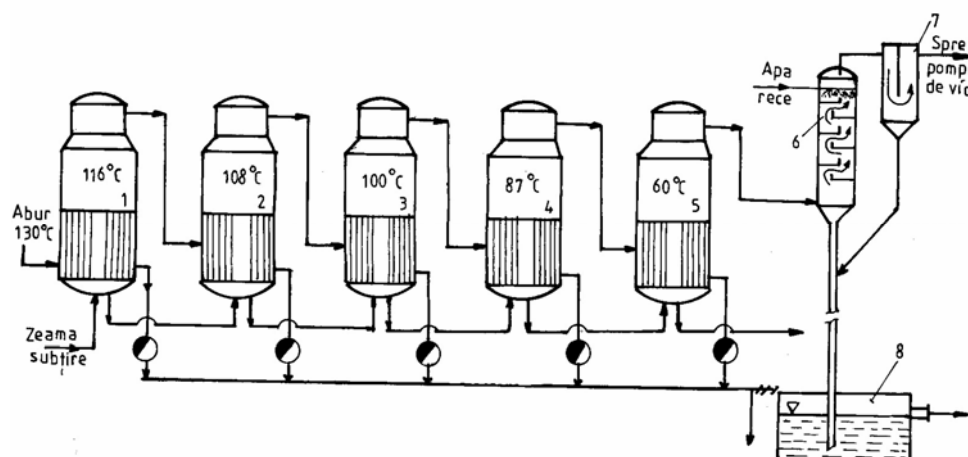


Fig. 5.1. Instalație de evaporare cu cinci corpuri (trepte):
1, 2, 3, 4, 5 – corpuri de evaporare; 6 – condensator barometric;
7 – prizețor de picături; 8 – cadă barometrică.

Instalația din Fig.5.1. are cinci trepte (efecte) de evaporare, în care corpurile 1 și 2 lucrează la presiune mai mare decât presiunea atmosferică, iar corpul 3 lucrează la o presiune aproximativ egală cu cea atmosferică, 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 prizețorul 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:

$$Q = K_1 S_1 (t_0 - t_{f1}) = K_2 S_2 (t_1 - t_{f2}) = \dots = K_n S_n (t_{n-1} - t_{fn})$$

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/m²h 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 iese 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 sicane. La condensatorul barometric din Fig.5.2. se consumă 200 - 500 l apă/100 kg sfeclă.

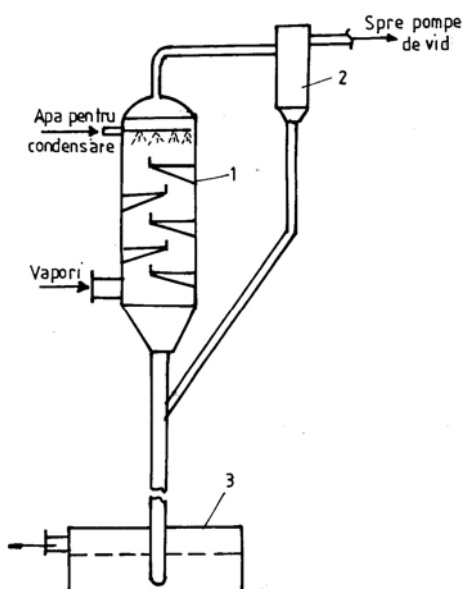


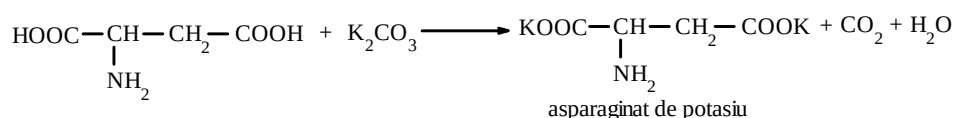
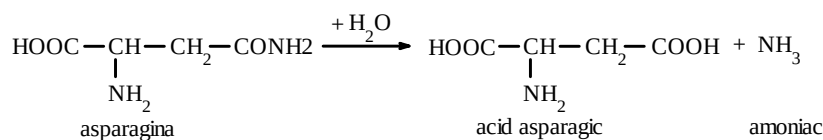
Fig. 5.2. Condensator barometric cu sicane:

1 – corp cilindro-conic; 2 – separator de picături; 3 – cadă barometrică.

5.2. Modificările din timpul evaporării

La concentrarea zemei subțiri au loc o sumă de modificări, care conditionează desfășurarea procesului tehnologic :

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



- o modificarea conținutului de coloizi din zeama de saturație (0,09% față de sfeclă) prin acțiunea dintre aminoacizi și zahărul invertit, când se mărește cantitatea de coloizi colorați, care pot fi adsorbiți la suprafața cristalelor de zahăr la operația de cristalizare;
 - o descompunerea zahărului și intensificarea colorației în funcție de temperatura de evaporare și de pH-ul zemii;
 - o formarea de precipitate insolubile care se depun pe țevile evaporatoarelor și micșorează transmiterea de căldură;
- cauzele formării de precipitate insolubile :
- creșterea concentrației zemii și 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.

5.3. Calculul simplificat al stației de evaporare

Cantitatea de apă evaporată este dată de relația:

$$\begin{aligned} W &= G_1 - G_2, \\ G_2 &= G_1 \frac{b_1}{b_2}, \end{aligned}$$

în care: W – cantitatea de apă evaporată raportată la 100 kg sfeclă, [kg];
 G_1 – cantitatea de zeamă subțire raportată la 100 kg sfeclă, [kg];
 G_2 – cantitatea de zeamă groasă raportată la 100 kg sfeclă, [kg];
 b_1 – concentrația zemii subțiri, [°Brix];
 b_2 – 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 evaporare*:

$$Bx_1 = \frac{G_1 \cdot b_1}{G_1 - W_1}, [^\circ Bx]$$

$$Bx_2 = \frac{G_1 \cdot b_1}{G_1 - (W_1 + W_2)}, [^\circ Bx]$$

$$Bx_3 = \frac{G_1 \cdot b_1}{G_1 - (W_1 + W_2 + W_3)}, [^\circ Bx]$$

$$Bx_4 = \frac{G_1 \cdot b_1}{G_1 - (W_1 + W_2 + W_3 + W_4)}, [^\circ Bx]$$

$$Bx_5 = \frac{G_1 \cdot b_1}{G_1 - (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)}, [^\circ Bx]$$



5. Teste pentru autoverificarea cunoștințelor:

1. Până la ce nivel trebuie concentrată zeama subțire ?
 - a) < 30 % substanță uscată;
 - b) > 50 % substanță uscată;
 - c) 80-65 % substanță uscată .
2. Concentrarea se efectuează cu ajutorul instalației de :
 - a) evaporare;
 - b) fierbere ;
 - c) centrifugare.
3. Cantitatea de apă evaporată este direct proporțională cu :
 - a) cantitatea de zeamă subțire intrată;
 - b) cantitatea de zeamă groasă rezultată;
 - c) diferența lor;

Cap. 6. FIERBEREA SI CRISTALIZAREA ZAHĂRULUI

6.1. Fierberea si cristalizarea

Fierberea este operația prin care zeama groasă obținută la evaporare (concentrare), având 60 - 65°Brix, se concentrează până la 90 - 93 °Brix, obținându-se 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 intercristalin, cu puritate inferioară masei groase.

Cristalizarea zahărozei (zahărului) are loc concomitent cu fierberea, atunci când zeama atinge o anumită suprasaturație. Coeficientul real de suprasaturație este de $\alpha \approx 1,05-1,10$. Rezultă că fierberea trebuie să se facă astfel:

- amorsarea cristalizării prin introducerea de „centri de cristalizare” în interiorul *zonei metastabile*, respectiv pentru $\alpha = 1,0-1,2$;
- formarea spontană a “germenilor de cristalizare”, pentru $\alpha = 1,2-1,3$.

Suprasaturația se stabilește prin îngrosarea zemii până la „proba de fir”.

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

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

$$K = \frac{\Delta G}{S \cdot \tau}, \left[\frac{mg}{\text{min} \cdot m^2} \right]$$

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

S – suprafața cristalelor, [m^2];

τ – timpul, [min].

Viteza de cristalizare reprezintă deci cantitatea de zahăr [mg], care cristalizează într-un timp (1 minut) pe o suprafață ($1 m^2$) și este influențată de următorii factori:



Factorii vitezei de cristalizare:

- gradul de suprasaturație al soluției de zahăr (masei groase) - trebuie menținut la o anumită valoare, pentru a nu se forma în mod spontan noi centri de cristalizare, ceea ce ar conduce la formarea de cristale cu diferite dimensiuni;
- temperatura - influențează indirect viteza de cristalizare, prin faptul că micșorează vâcositatea masei groase și 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 (Tab.6.1.).

Tab.6.1. Corelația dintre puritate și coeficientul de suprasaturație (α)

Puritate a (Q)	Viteza de creștere a cristalelor (K)							
	α	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:

- agitarea (usurează deplasarea moleculelor de zaharoza spre cristal);
- mărimea (suprafața germenilor de cristalizare);
- timpul (cantitatea de zaharoza 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 de două tipuri:

- aparate de fierbere verticale, cu funcționare discontinuă;
- aparate de fierbere cu funcționare continuă.

Se utilizează aparatele de fierbere sub vacuum, cu circulație mecanică a zemii groase (Fig.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, răcit, amplasat sub aparatul de fierbere. 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%.

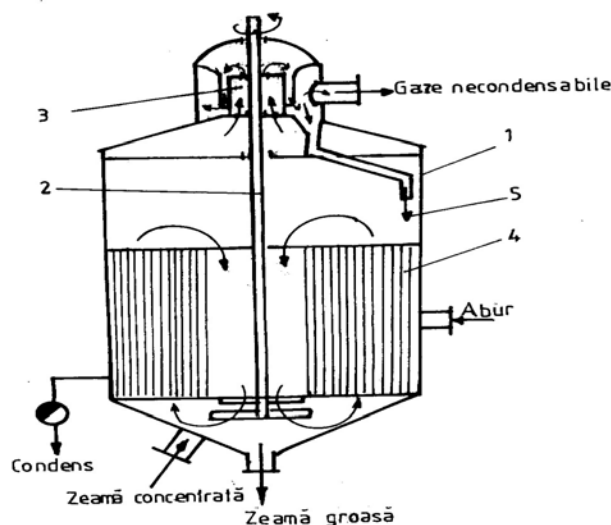


Fig. 6.1. Fierbător sub vid, cu agitator:

- 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 suma de operații prin care se îndepărtează impuritățile reținute la suprafața cristalelor de zahăr, prin adsorbție sau incluziune (incluziuni solide sau lichide).

Datorită impurităților se obține zahăr cu cristale neuniforme, deformate și o colorație destul de intensă. Îndepărtarea impurităților se face prin mai multe metode:

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

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



Afinația – etape :

- obținerea masei artificiale prin amestecarea zahărului cu sirop încălzit la 85-90°C, având o puritate mai mare decât a siropului intercristalin, într-un malaxor special;
- centrifugarea masei artificiale în centrifuge, ocazie cu care se poate face și o albire cu apă sau abur.

Condițiile în care are loc operația de afinare

- 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.

b. Obținerea clerselor (clerelor) purificate

Clersle purificate se obțin prin dizolvarea zahărului galben sau a zahărului afinat în apă de condens sau într-o zeamă subțire bine purificată și trebuie să ajungă la 80-90°C și 65°Bx. Operația de dizolvare are loc în vase cu agitator și serpentine de încălzire. Clerslele se decolorează cu carbune, adăugat în proporție de 0,8% față de substanța uscată, anume:

- carbune de oase (carbune animal);
- carbune activ vegetal.

După amestecare, clersa se filtrează în filtre cu discuri sau filtre cu lumânări. Purificarea 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, 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.).

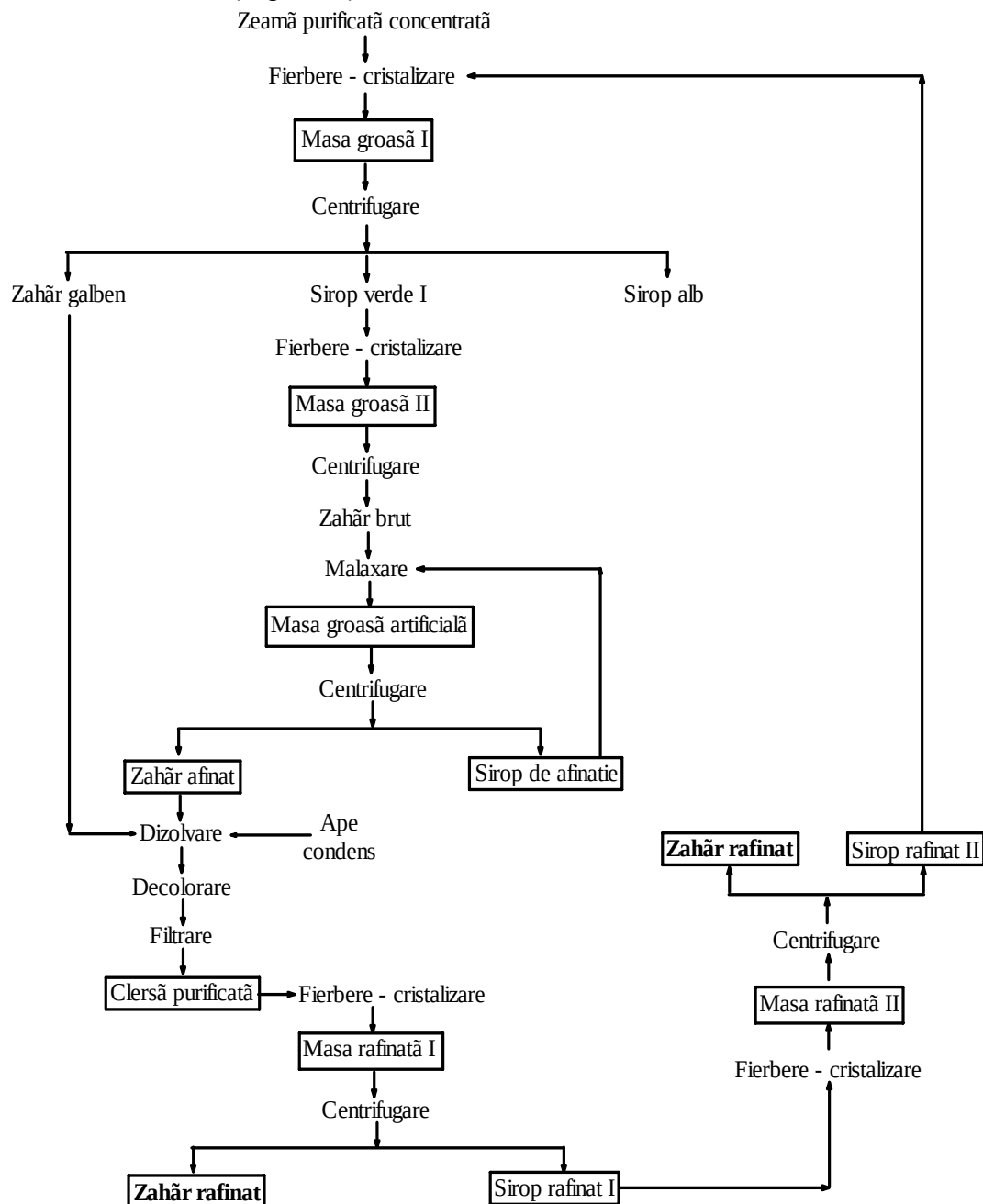


Fig. 6.2. Schema de fierbere și rafinare cu patru produse.

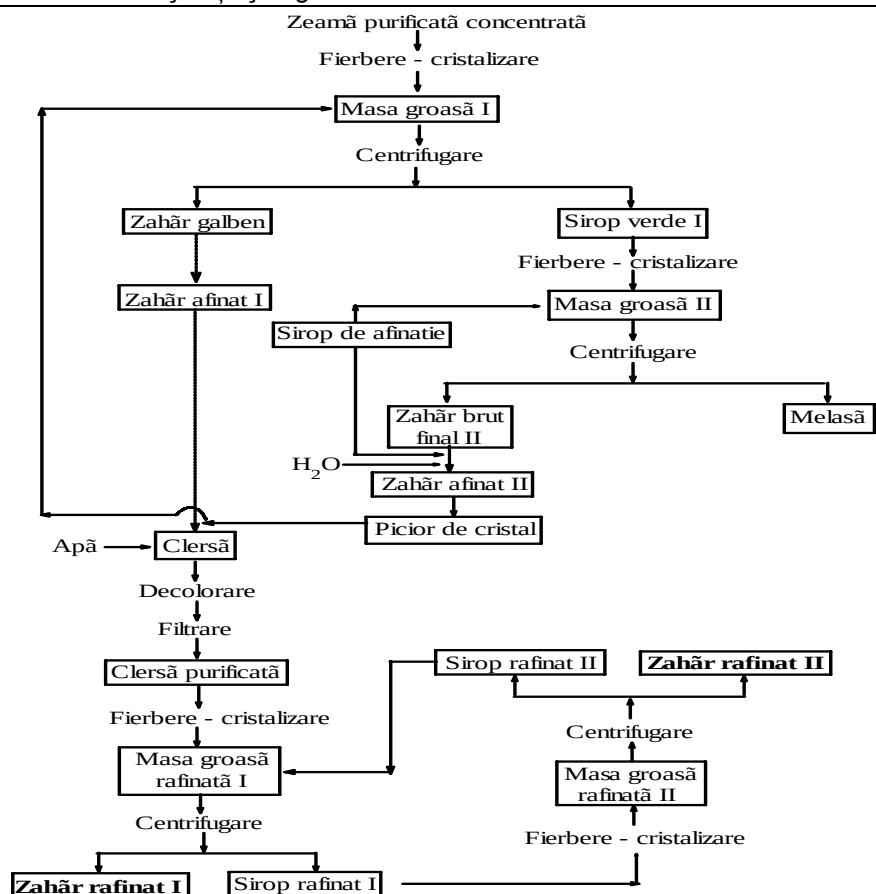


Fig. 6.2.
Schema
de
fierbere și
rafinare
cu patru
produse și
picioar de
cristal

Centrifugarea

La toate schemele menționate se observă că intervine operația de centrifugare, prin care se obțin:

- zahărul cristal, cu 0,5% umiditate;
- siropul verde;
- siropul alb, rezultat din spălarea zahărului cristal 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), care se poate determina cu următoarea formula de calcul:

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

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60};$$

$$m = \frac{G}{g}; \quad \rightarrow \quad F_c = \frac{G}{g} \cdot \frac{\pi^2 \cdot n^2}{900} \cdot r;$$

$$\frac{\pi^2}{g} = 1 \quad \rightarrow \quad F_c = \frac{n^2 \cdot r}{900};$$

Oricare centrifuge se caracterizează prin *factorul de separare* (Z):

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

Centrifugele din industria zahărului au:

- centrifuge cu funcționare periodică : $Z = 650-1500$, turația = 1000 rot/min;
- centrifuge cu funcționare continuă-verticale : $Z = 650-1500$, turația = 2500 rot/min.

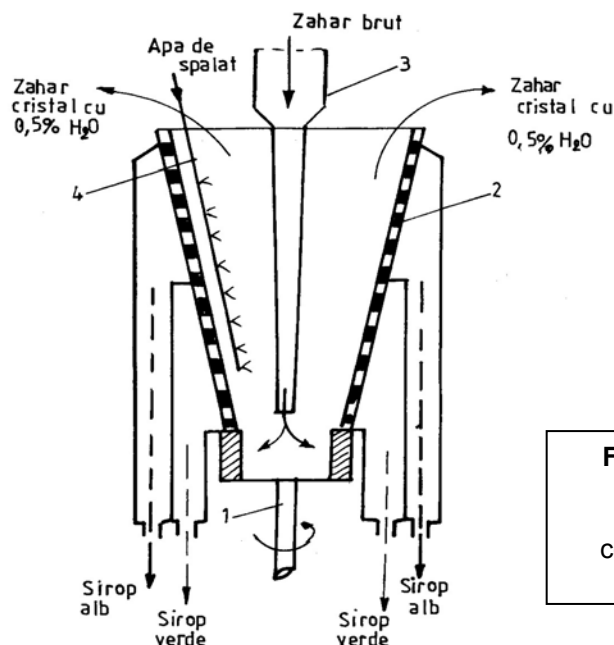


Fig. 6.4. Centrifugă verticală pentru obținerea zahărului cristal:
1- ax vertical; 2- tambur conic; 3- conductă de alimentare; 4- conductă pentru apa de spălare.

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 sarjei, $[m^3]$;

γ = greutatea specifică a materialului, $[kg/m^3]$;

τ = durata ciclului de centrifugare, $[min]$.

Pentru o centrifugă cu diametrul 1200 mm și care centrifughează masa groasă, durata ciclului de funcționare este de 350 s, anume :

- 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.



6. Teste pentru autoverificarea cunostințelor:

1. Până la ce nivel trebuie concentrată zeama groasa de la evaporare ?
 - a) > 50 % substanță uscată;
 - b) >80 % substanță uscată;
 - c) 90-93 % substanță uscată .
2. Concentrarea se efectuează cu ajutorul instalației de :
 - a) evaporare;
 - b) fierbere ;
 - c) centrifugare.
3. Viteza de cristalizare este :
 - a) cantitatea de zahăr care cristalizează într-un minut pe o suprafață de 1 m²;
 - b) cantitatea de zahăr care cristalizează pe o suprafață de 1 m²;
 - c) cantitatea de zahăr care cristalizează într-un minut;
4. După fierbere se obține :
 - a) zeama groasă;
 - b) masa fiartă;
 - c) masa groasă .
5. Rafinarea este operațiunea de obținere a :
 - a) masei artificiale;
 - b) clerselor purificate ;
 - c) masei groase.
6. De la centrifugare rezulta numai:
 - a) zahăr cristal;
 - b) sirop verde;
 - c) zahăr cristal, sirop alb, sirop verde.
7. La rafinarea zahărului rezultă melasă din:
 - a) schema cu 4 produse;
 - b) schema cu 4 produse și picior de cristal;
 - c) centrifugare.

Cap. 7. PRELUCRAREA ZAHĂRULUI UMED

7.1. Transportul și sortarea zahărului

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

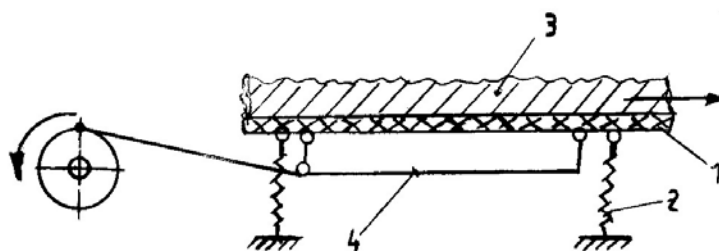


Fig. 7.1. Transportor oscilant:

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. Elemente constructive:

- distanța dintre două cupe este de 0,4-0,6 m
- coeficientul de umplere al cupelor (μ) este de 0,75;
- viteza de deplasare a benzii (lanțurilor) cu cupe (v) este de 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/m³.

7.2. USCAREA ZAHĂRULUI

7.2.1. Operațiunea de uscare

Uscarea este operația prin care se realizează îndepărtarea apei dintr-un produs, deci un 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 vehiculat,

prin evaporare la suprafață, aceasta fiind condiționată de doi factori importanți:

- diferența de presiune parțială 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:

- natura produsului supus uscării: structura 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 trebuie 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 următoarele caracteristici: umiditate de 0,5% - pentru cele cu dimensiuni de 1-1,5 mm; umiditate de 2,0% - pentru cele cu dimensiuni de 0,25-0,30 mm.

Umiditatea în cristalele 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 (Fig.7.2.), pentru zahărul în cristale mijlocii, de 0,5-1 mm, se utilizează uscătorul turbină (Fig.7.3.), care prezintă următoarele

avantaje: asigură păstrarea luciului și a calității cristalelor, procesul de uscare este intens, iar consumul de energie este redus.

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 3-4 m și diametrul (Φ) de 1,5 – 2 m, este prevăzut cu palete interioare curbate, fixate pe peretele tamburului. Aproape de evacuare, peretele plin al tamburului este înlocuit cu site pentru cernerea zahărului uscat în contracurent cu aer cald, pe o lungime de 0,5 m, (Fig.7.4.).

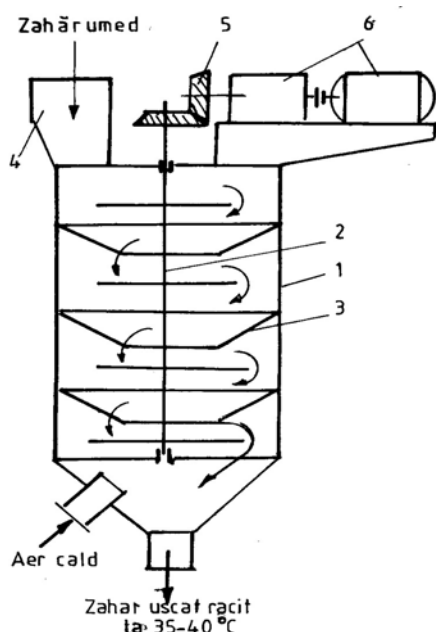
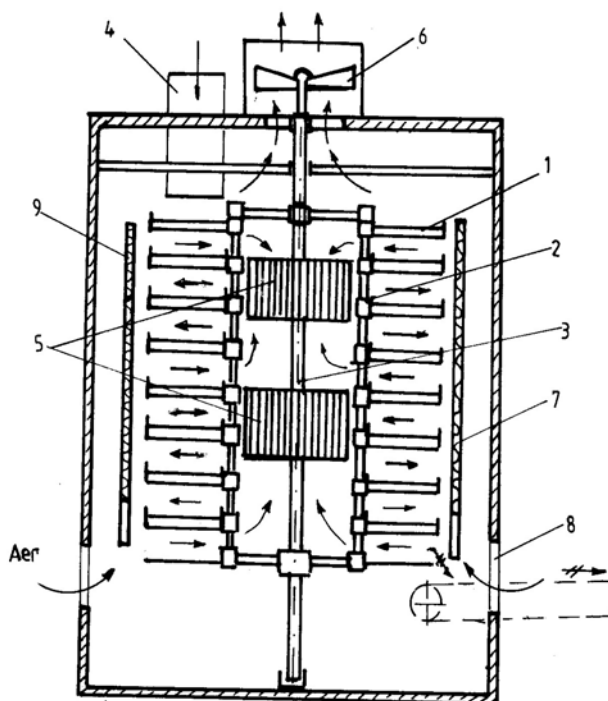


Fig 7.2. Uscător-turn pentru zahăr

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).



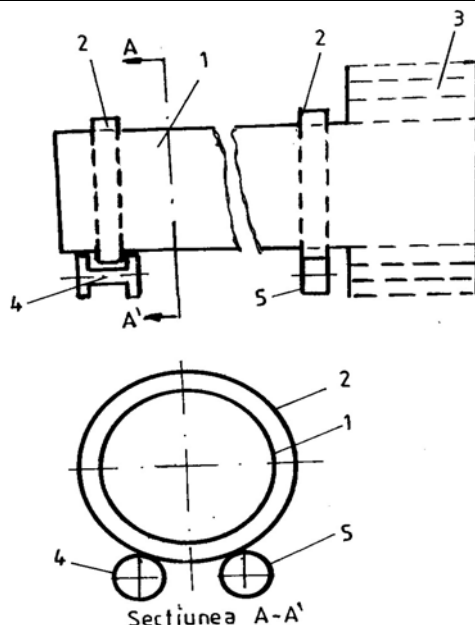


Fig. 7.4. Uscător tambur
1 – corp cilindric; 2 – bandaje; 3 – site; 4 – rolă de ghidare; 5 – rolă de susținere.

7.2.4. SORTAREA ZAHĂRULUI

Această operație are loc după uscarea-răcire și are drept scop separarea cristalelor de zahăr după mărime. Pentru sortare se utilizează următoarele echipamente:

- Transportorul oscilant, asemănător cu cel folosit la transportul zahărului umed la uscare și care are suprafața pe care se deplasează zahărul constituită din site diferite:
 - 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 din aer, praf ce se formează la uscare și sortare, se utilizează mai multe echipamente:

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

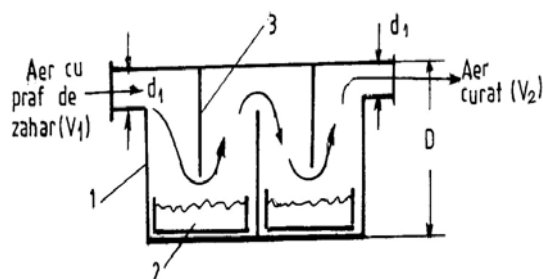
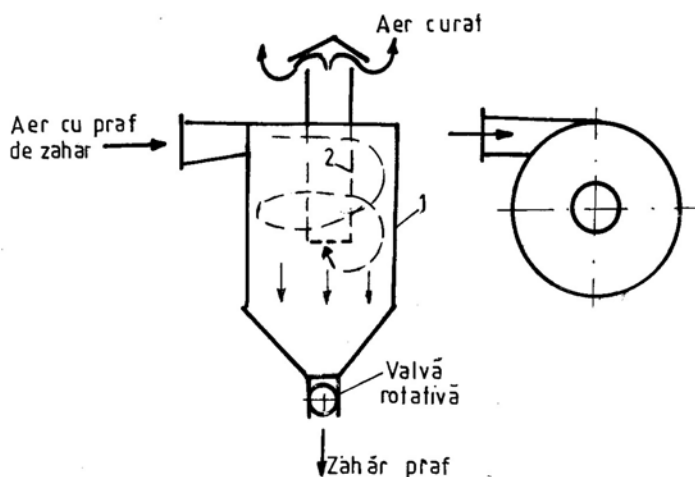


Fig. 7.5. Schiță de principiu a decantorului umed
1-corpul decantorului; 2-vas cu apă; 3-șicană.
 $v_1 > v_2$; $D > d_1$.

Fig. 7.6. Ciclon 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 silozi, de regulă sub formă de turn, cu capacitate mare de însilozare (20.000 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.).

Acoperisul, 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, canale 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).

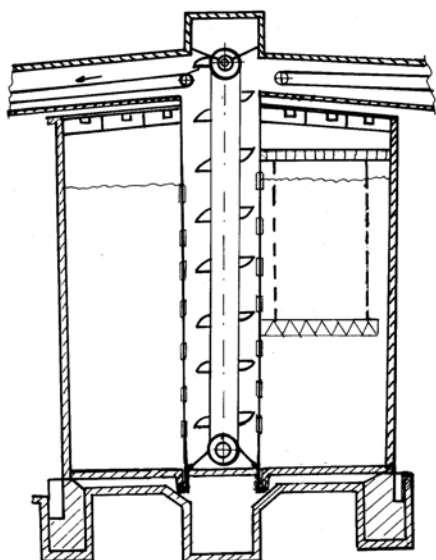


Fig. 7.7. Siloz turn pentru depozitarea zahărului

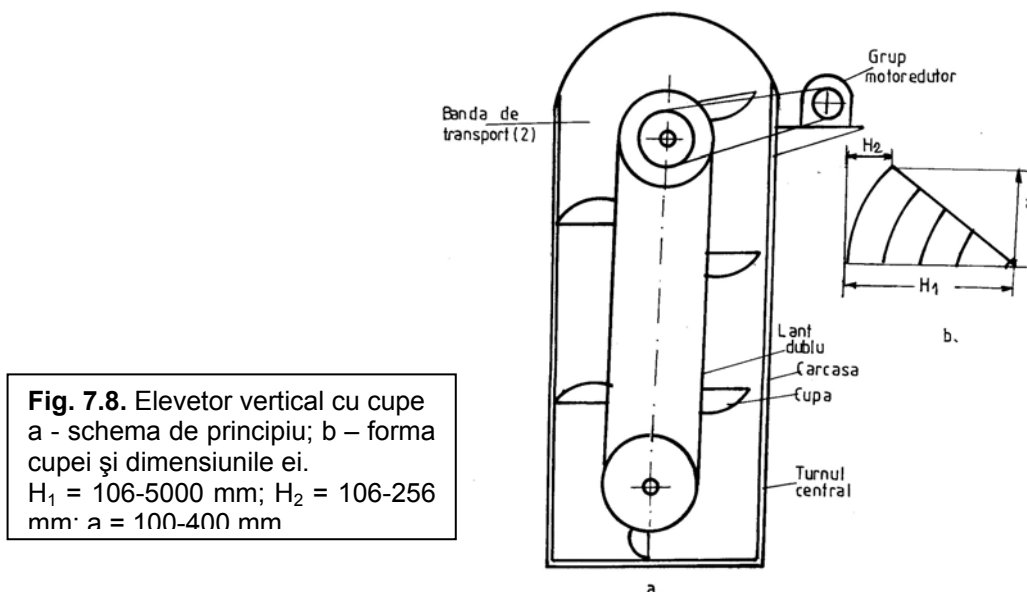


Fig. 7.8. Elevator vertical cu cupe
a - schema de principiu; b - forma
cupei și dimensiunile ei.

$H_1 = 106-5000 \text{ mm}$; $H_2 = 106-256 \text{ mm}$; $a = 100-400 \text{ mm}$

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 în sens de mișcare invers, aducând 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 și îl transportă la magazia de înșăcuire / 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

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

În magazie sacii se asează în stive cu 15-20 saci pe înălțime, stivele se construiesc pe grătare de lemn, iar 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 aglomerarea prafului de zahăr, respectiv favorizarea dezvoltării microorganismelor, acestea putând conduce la învertirea zahărozei și producerea de polizaharide cu aspect mucilaginos.

7.2.8. CALCULE TEHNOLOGICE SIMPLIFICATE PRIVIND USCAREA ZAHĂRULUI

- **Cantitatea de zahăr complet uscat** (G_u), neținând seama de pierderi, se determina cu ajutorul formulei:

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

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

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

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 se determina cu ajutorul formulei:

$$W = G_1 - G_2,$$

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

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

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

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

- **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 iesite 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 avem: $G_1 \frac{W_1}{100} + Lx_1 = G_2 \frac{W_2}{100} + Lx_2$

- Umiditatea îndepărtată în uscător din materialul care se usucă:

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

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

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

- Consumul specific de aer:

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

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

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

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 acesta este mai mult un proces bazat pe operații fizice și fizico-chimice, aspectul microbiologic referindu-se la posibilitățile de infectare în diferite faze tehnologice. O linie tehnologică completă de fabricație a zahărului din sfeclă este prezentată în Fig.7.9.



7. Teste pentru autoverificarea cunostintelor:

1. Care este umiditatea optimă a zahărului uscat ?

- a) < 0,05 % ;
- b) < 0,1 %;
- c) < 1 %.

2. Instalația folosită pentru uscarea zahărului cu cristale > 1mm este:

- a) uscătorul turn;
- b) uscătorul turbină ;
- c) uscătorul cu tambur rotativ.

3. Depozitarea zahărului vrac se face în :

- a) silozuri turn;
- b) magazii betonate;
- c) hale de producție dezafectate.

4. Cantitatea de apă evaporată la uscare este proporțională cu :

- a) cantitatea de material umed intrată în uscător;
- b) diferența celor două ;
- c) cantitatea de material uscat rezultată.

5. Consumul de aer utilizat în procesul de uscare depinde indirect de:

- a) cantitatea de aer ventilată prin uscător;
- b) cantitatea de material umed intrată în uscător;
- c) umiditatea evaporată.

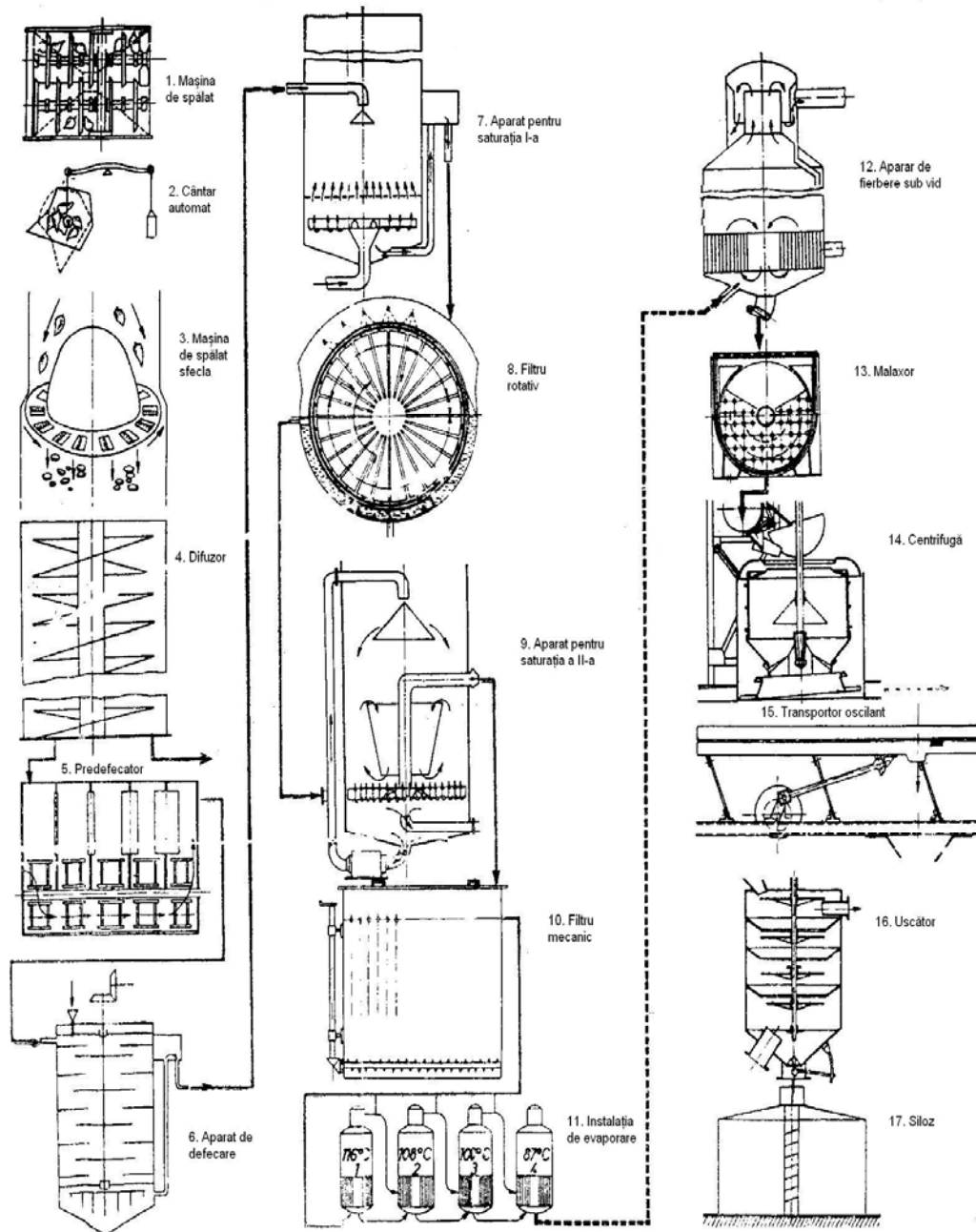


Fig. 7.9. Linia tehnologică completă de fabricație a zahărului din sfeclă.

Cap. 8. OBȚINEREA ZAHĂRULUI CUBIC

Zahărul cubic se obține din clerse purificate, conform schemei tehnologice prezentate în Fig.8.1.

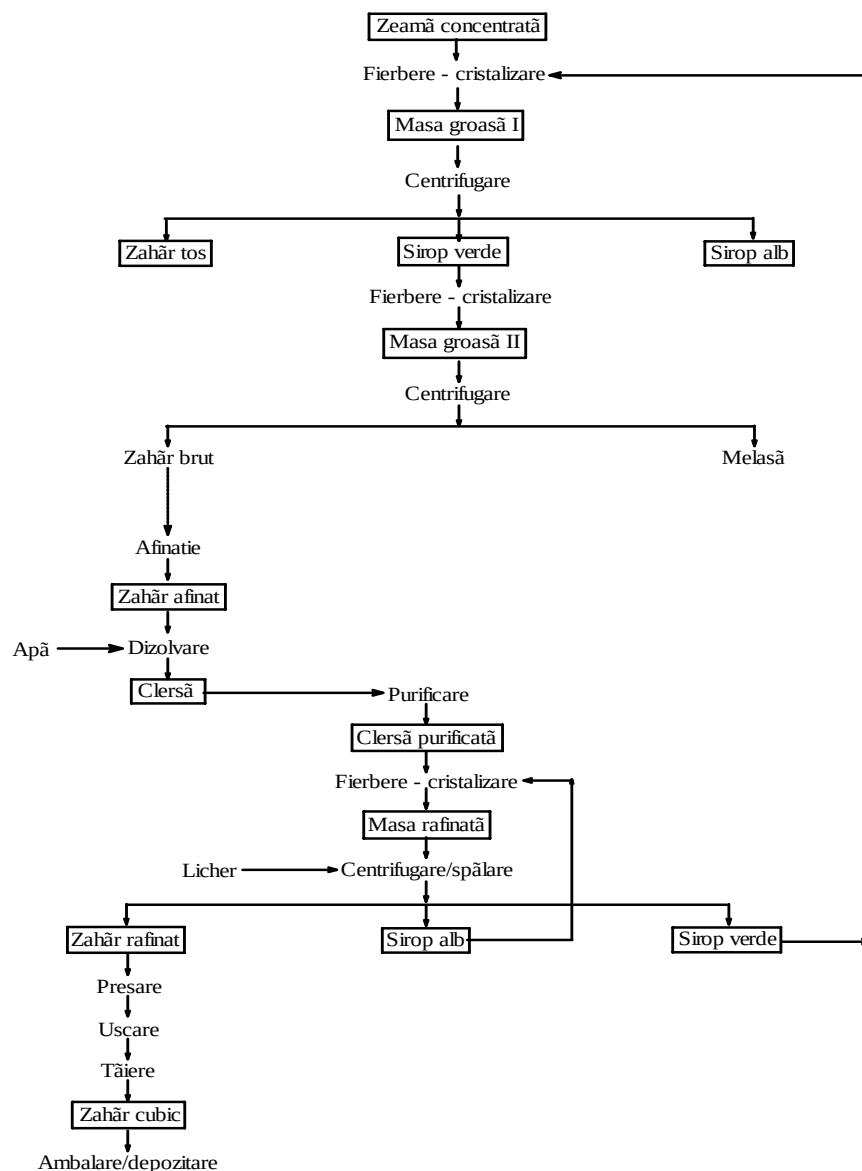


Fig.8.1. Schema tehnologică de obținere a zahărului cubic.

Clersa se obține din zahăr galben sau zahăr afinat. Din schemă rezulta că se obține concomitent și zahăr tos.

La fierberea clersei purificate, în vederea obținerii masei groase, 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 presiunea de 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 hidrosulfit.

Centrifugarea masei groase se face în centrifuge cu site având orificii de 0,3 mm, iar 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 masini de presat cu placă rotundă, tip Psyllas si agregate cu funcționare continuă, tip Chambon.

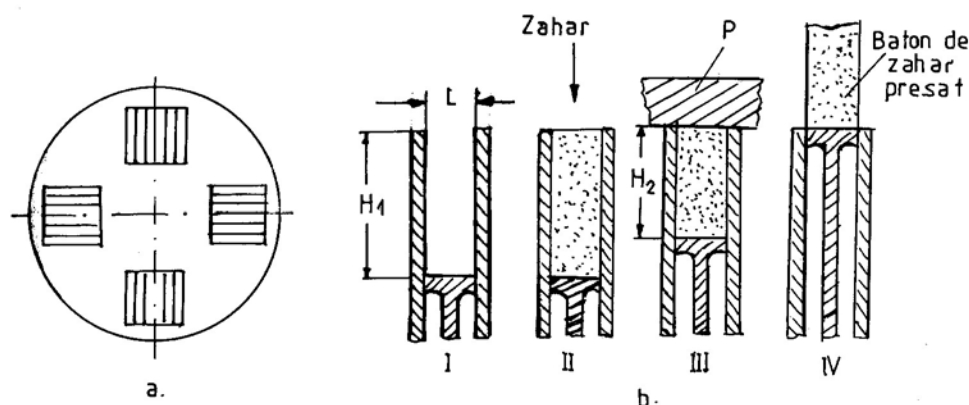


Fig. 8.2. Presarea zahărului în vederea obținerii zahărului cubic:
a – masa preseii Psyllas; b – ciclul de presare: I – pistonul în poziția inferioară; II – umplerea matriței; III – presarea; IV – scoaterea batonului din matrițe; H_1 – înălțimea inițială a pistonului față de marginea matriței; H_2 – înălțimea după presare; P – contraplacă.

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 niste 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 contraplacă (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 (Fig. 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 așază pe un grătar. Din fiecare matriță ies 8 batoane, deci din cele 4 matrițe vor iesi 24 de batoane. Grătarele cu batoane se așază 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

Cap. 9. RAFINAREA ZAHĂRULUI BRUT DIN TRESTIE DE ZAHĂR

9.1. Materia primă – zahărul brut din trestia de zahăr

Materia primă este zahărul brut din trestia de zahăr, care are caracteristicile senzoriale și fizico-chimice menționate în tabelul 9.1.

Tab.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 - roscat		
Aspect	-	Granulație mare, cristale dure, uniforme, fără aglomerări		
Gust și miros	-	Gust dulce, fără gust și miros străin în stare uscată sau în soluție		
Zaharoza	% față de s.u.	≥ 96,5	≥ 97,2	≥ 98
Umiditate	%	≤ 0,77	≤ 0,60	≤ 0,40
Substanțe reducătoare	%	≥ 0,98	≤ 0,70	≤ 0,50
Cenusă	%	≤ 0,60	≤ 0,50	≤ 0,40
Alte nezahăruri	%	≤ 1,15	≤ 1,00	≤ 0,70

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

- 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 brute totale

Obținerea clerei 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 Fig.9.1.

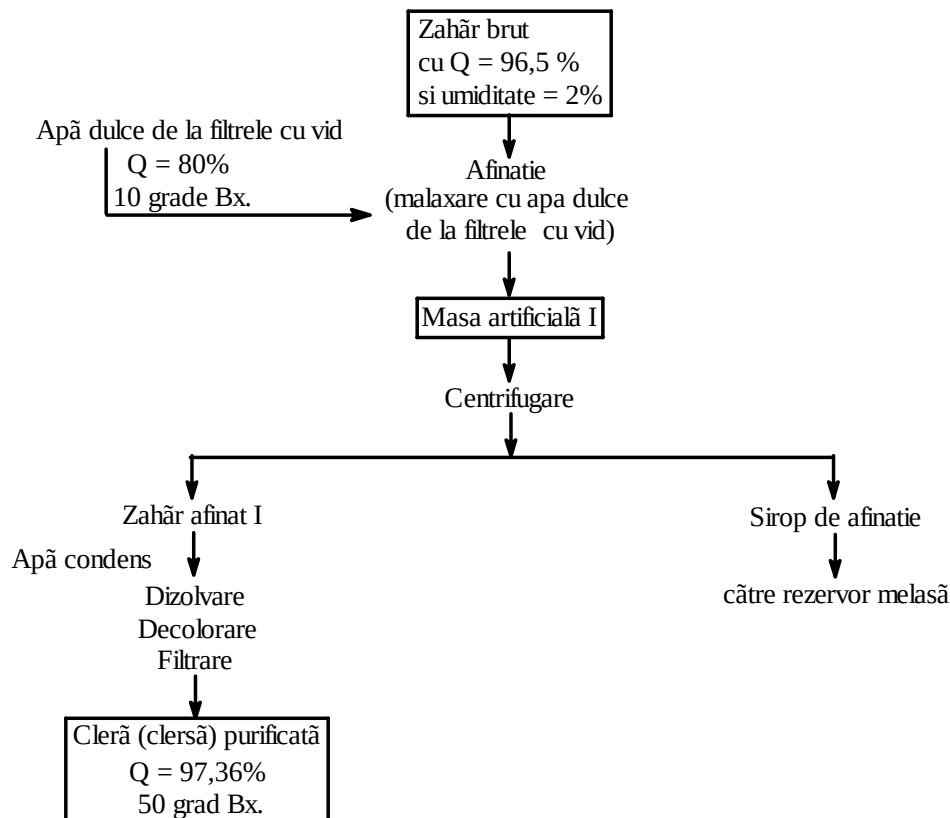


Fig. 9.1. Obținerea clerseii din zahărul brut de trestie de zahăr.

9.3. Purificarea calco-carbonică a clerseii

Purificarea calco-carbonică a clerseii (Fig.9.2.) include următoarele operațiuni tehnologice:

- preîncălzire la 80°C, în preîncălzitoare cu plăci Alfa-Laval;
- defecare cu lapte de var până la alcalinitate 0,8-1,2 g CaO/100 ml, cu menținere 3-4 minute;
- 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);
- finisarea carbonatării prin menținere 1-2 minute, pentru descompunerea completă a zahăro-carbonatului de calciu și aglomerarea cristalelor de CaCO_3 ;
- preîncălzire la 80 – 85°C;
- filtrare pentru îndepărtarea nămolului și filtrare de control;
- decolorarea clerseii purificate și filtrare prin strat de carbafin și kieselgur.

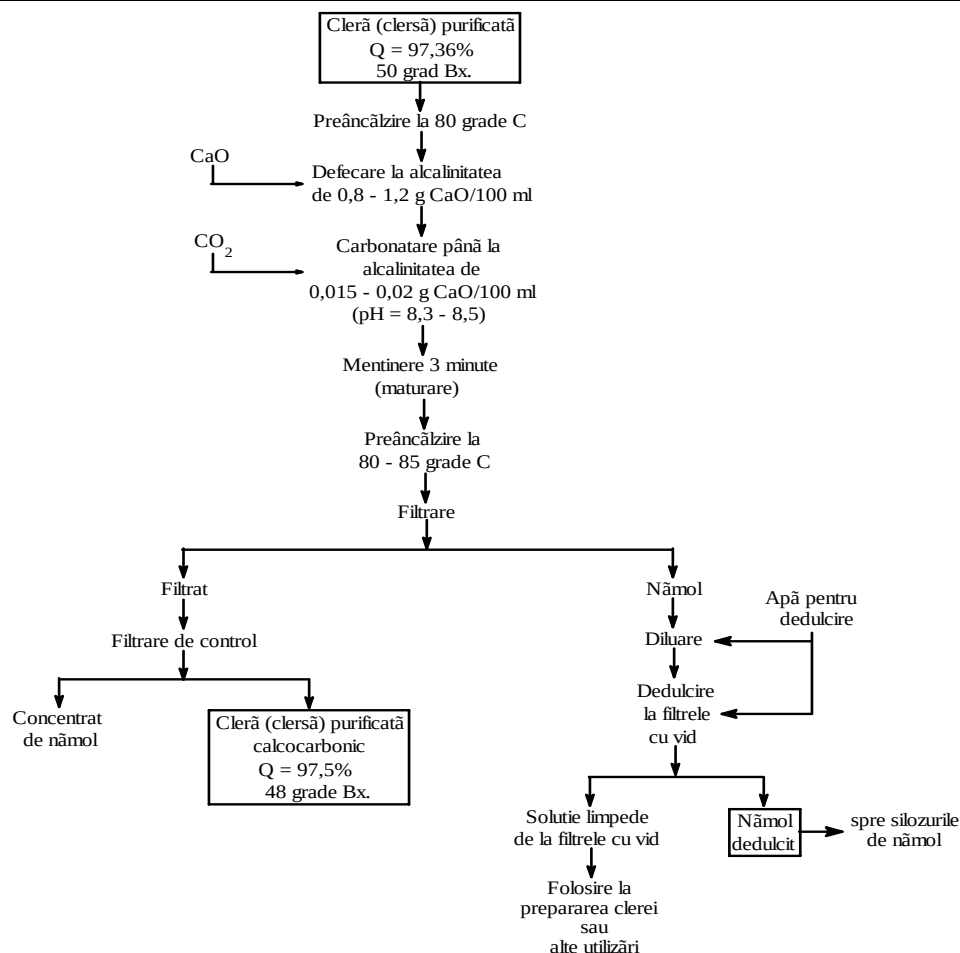


Fig.9.2. Purificarea calco-carbonică a clerei din zahărul brut de trestie.

9.4. Fierberea și cristalizarea zahărului în treapta I

Clersa purificată calco-carbonic este supusă operației de fierbere împreună cu siropul alb I și zahăr produs II, sub formă de 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 intercristalin 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 fierbere și cristalizare a zahărului în treapta I sunt prezentate în Fig.9.3.

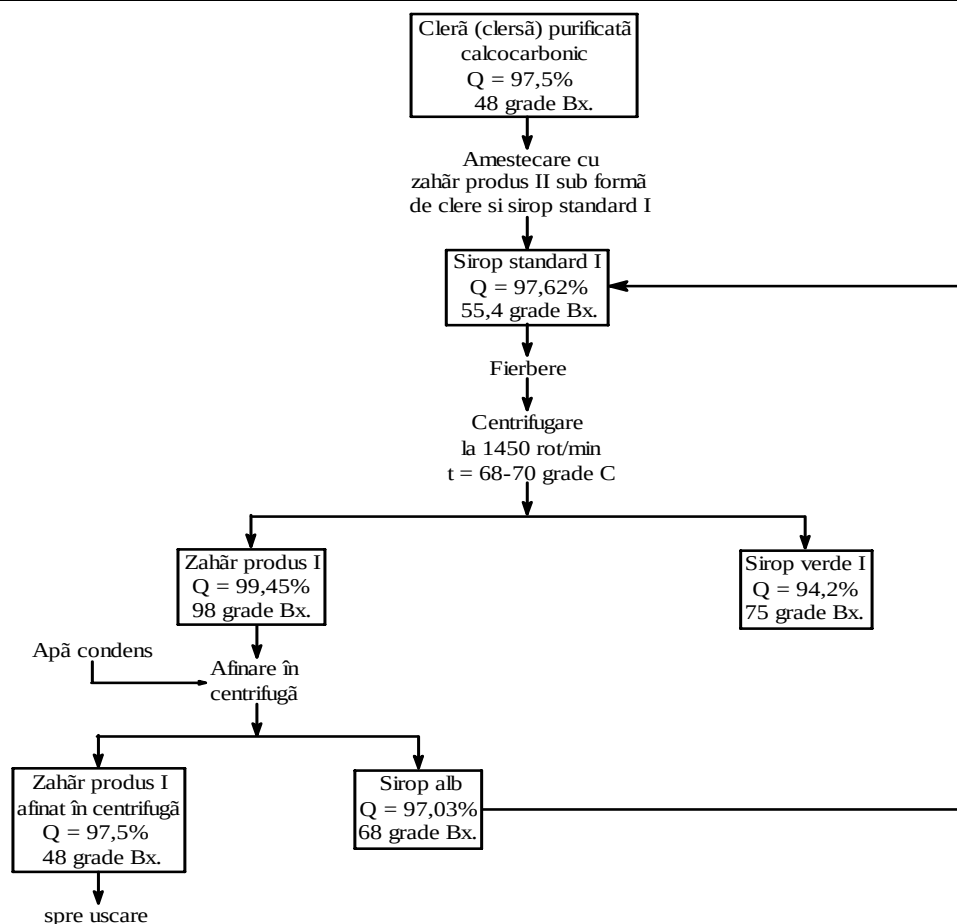


Fig. 9.3. Fierberea – cristalizarea în treapta I.

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 și 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 intercristalin 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 prezentate în Fig.9.4.

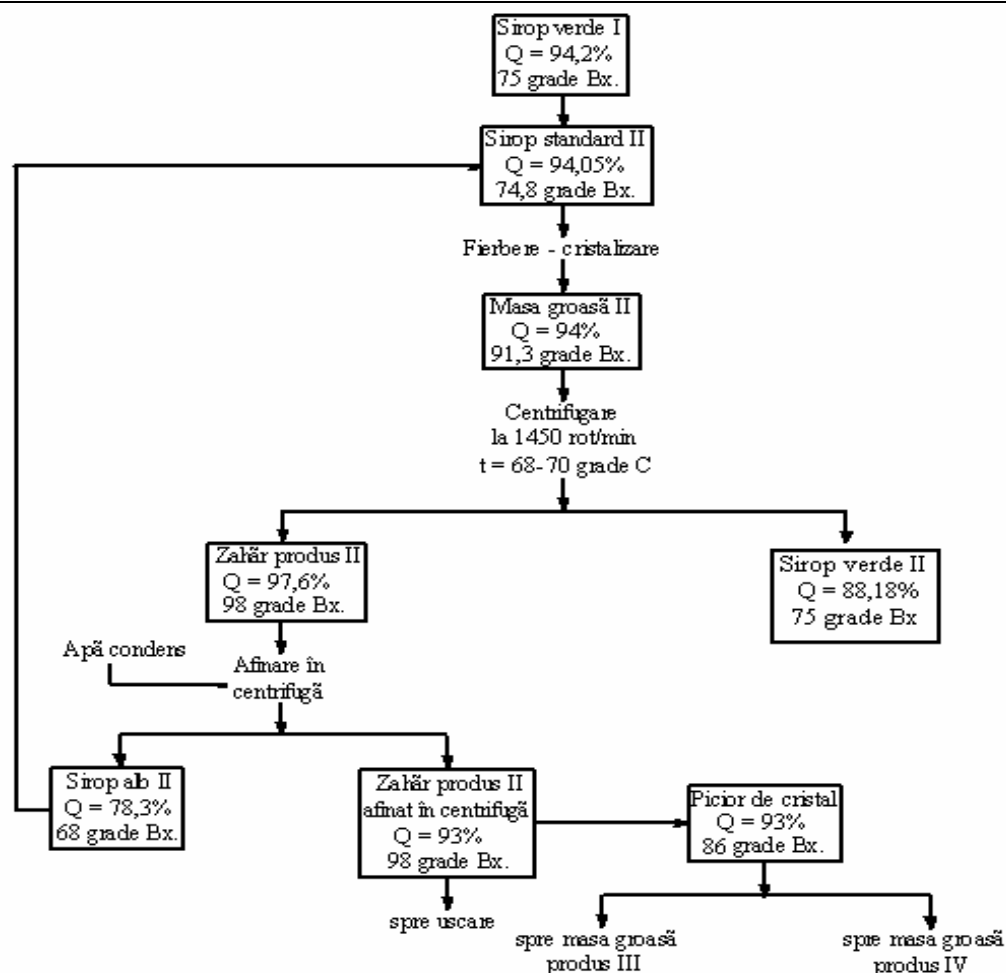


Fig. 9.4. Fierberea – cristalizarea în treapta a II-a.

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 prezentate în Fig.9.5.

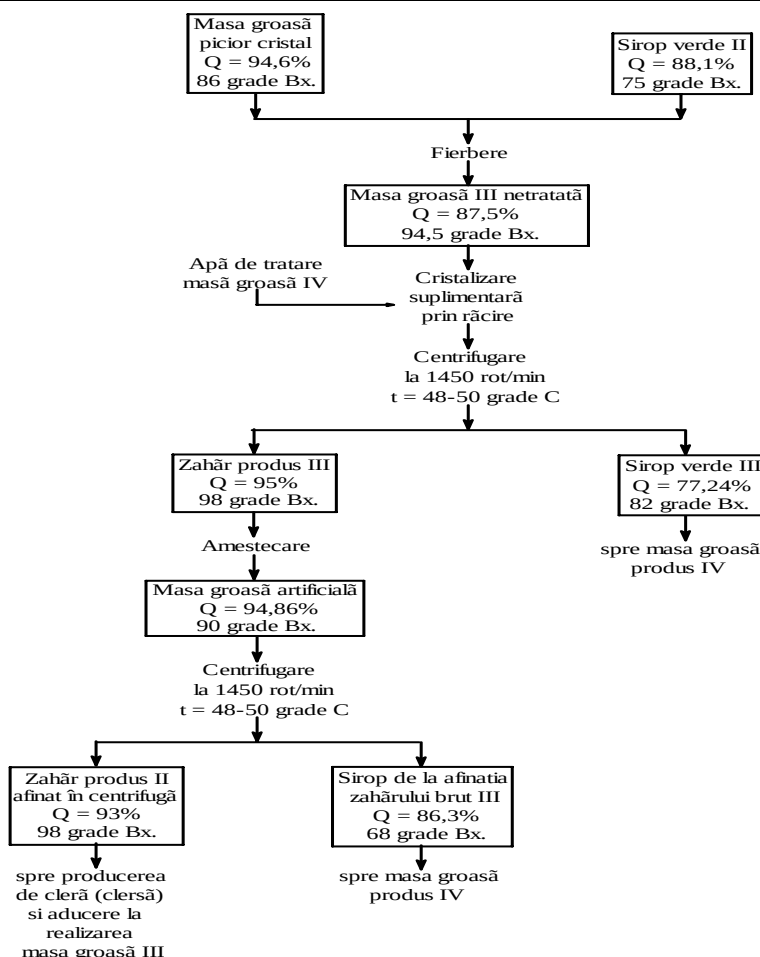


Fig. 9.5. Fierberea-cristalizarea în treapta a III-a.

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 prezentate în Fig.9.6, iar în Fig.9.7 se arată operațiile care intervin la obținerea masei groase picior cristal.

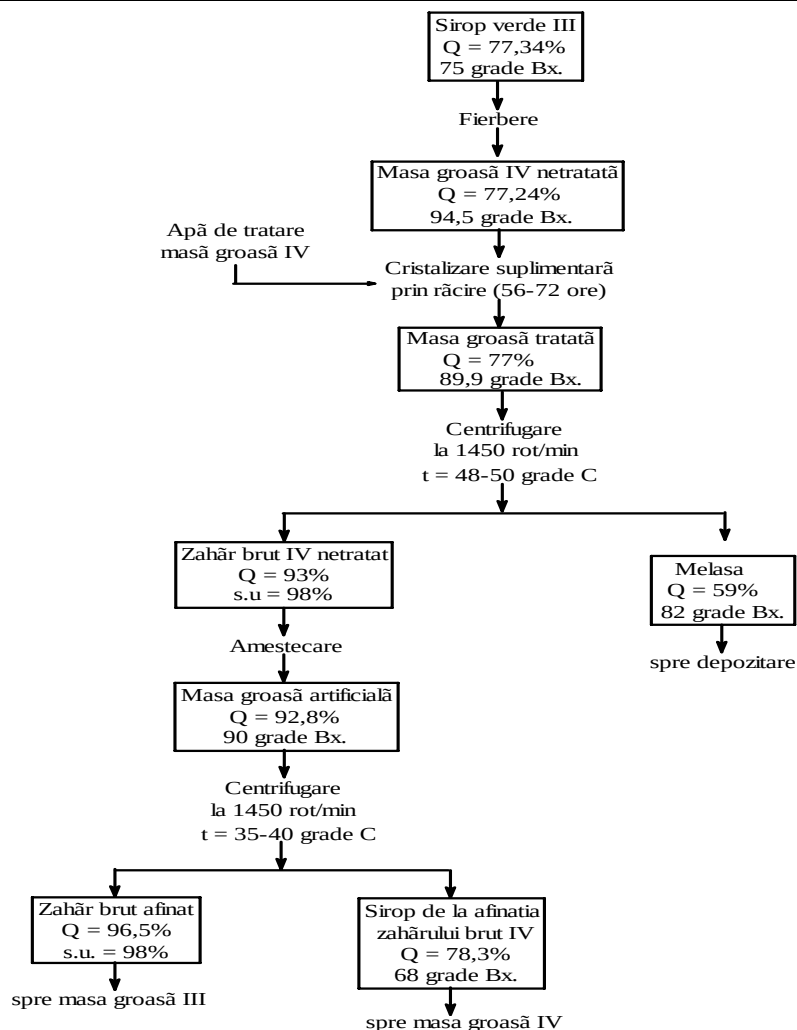


Fig. 9.6. Fierberea-cristalizarea în treapta a IV-a.

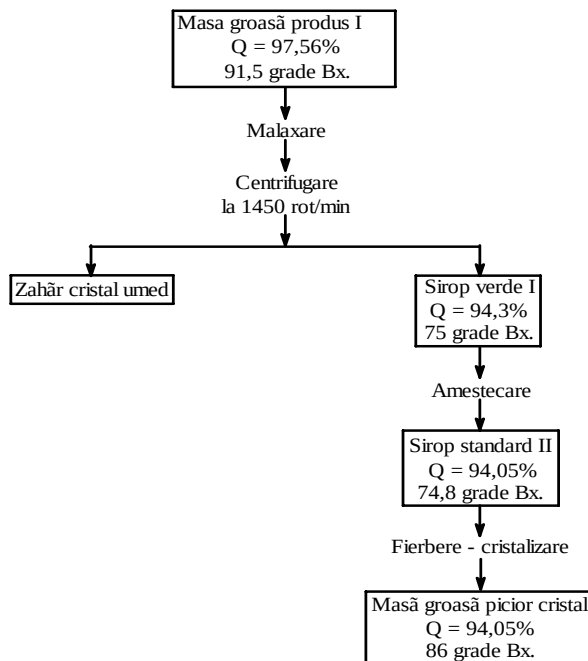


Fig. 9.7. Schema de obținere a masei groase picior cristal.



9. Teste pentru autoverificarea cunostintelor:

1. Care sunt principalele produse care rezultă la fierberea/cristalizarea I ?
 - a) zahăr afinat, sirop alb, sirop verde ;
 - b) zahăr afinat, sirop alb;
 - c) zahăr afinat, sirop verde.
2. În care treaptă de rafinare rezultă picior de cristal ?
 - a) treapta I;
 - b) treapta IV;
 - c) treapta III.
3. Melasa este un subprodus de la rafinarea zahărului din trestie în treapta:
 - a) II;
 - b) IV;
 - c) III.
4. Cu ce se decolorează și purifică clerele ?
 - a) lapte de var;
 - b) kieselgur și carbafit ;
 - c) CaCO_3 .

Cap. 10. PRODUCEREA LAPTELUI DE VAR SI A GAZULUI DE SATURAȚIE

La obținerea zemii de difuzie, în cursul procesului de purificare, sunt necesare următoarele materii prime:

- lapte de var;
- gazul de saturație, care conține CO₂.

Ambele produse se obțin prin arderea pietrei de var (CaCO₃), cu puritate de aproximativ 96%, în cuptoare speciale, în care se folosesc, drept combustibil, cocsul sau gazul metan.

Piatra de var (calcarul) trebuie să îndeplinească anumite condiții și anume:

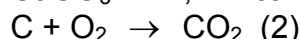
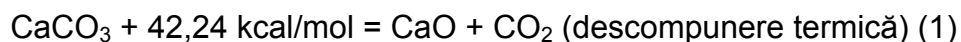
- conținutul de SiO₂ să fie mai mic de 2%,
- conținutul de oxizi alcalini să fie mai mic de 0,2%.

Cocsul trebuie să aibă următoarele caracteristici:

- conținutul de cenusă să fie mai mic de 10 – 12%;
- conținutul de substanțe volatile să fie mai mic de 5%;
- conținutul de sulf să fie mai mic de 2%.

Consumul de cocs, raportat la 100 kg piatră de var, este de 8-9 kg.

Reacțiile care au loc la arderea pietrei de var sunt următoarele:



Oxigenul necesar celei de a doua reacții (2), se ia din aer, având în vedere că acesta conține 79% azot și 21% oxigen. La ardere se folosește un exces de 20-30% aer și, din acest motiv, gazul de saturație va conține:

- 65 – 68 % azot;
- 2 – 4 % oxigen;
- 28 – 30 % CO₂;
- cantități mici de CO și SO₂.

Cuptorul (Fig.10.) este o construcție verticală, din tablă de oțel (1), captusit la interior cu cărămidă refractară (2) rezistentă la temperaturi ridicate și la acțiunea CO₂. Între peretele metalic și cărămida refractară există un strat izolator (3) din nisip sau zgură. Cuptorul este montat pe picioare de oțel (4), are gura de încărcare (5) și cosul de tiraj (6), care se folosește în caz de defecțiune a pompelor. Priza de gaz (7) se află la partea superioară a cuptorului. Cuptorul este prevăzut cu ochiurile de observație (8), cu arzătorul central (9) și mai multe arzătoare laterale (10). La partea inferioară se află gura de evacuare (11).

Cuptoarele care ard cocsul nu mai folosesc gaz metan.

În cuptoarele verticale descompunerea CaCO₃ are loc în trei zone:

- zona superioară, unde are loc o preîncălzire a materialului (var și cocs), unde temperatura ajunge la 800-900°C, pe seama căldurii gazelor din zona de ardere, care, cedând căldura, ajung la 150-300°C. Această zonă are înălțimea de 6–8 m;
- zona de ardere, din partea centrală, unde temperatura ajunge la 1200°C, temperatură la care se descompune CaCO₃ în CaO și CO₂. Această zonă (formată din CaCO₃ și cocs) are înălțimea de 3–4 m;
- zona de răcire (inferioară), unde varul se răcește la 100°C în contact cu aerul, are înălțimea de 2–5 m.

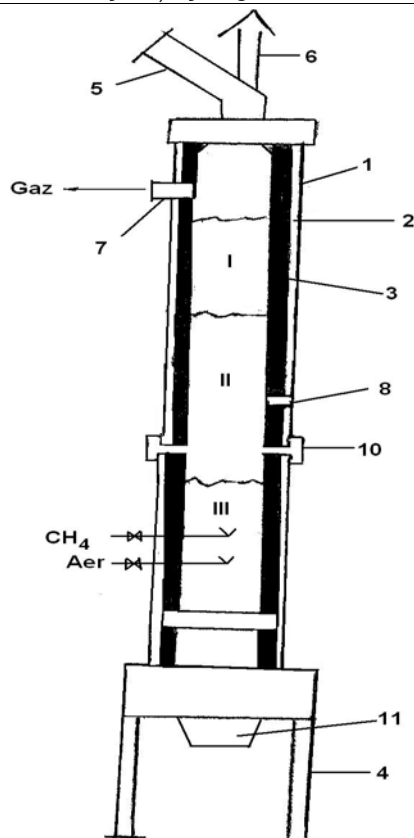


Fig.10.1. Cuptor de var

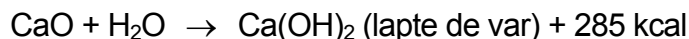
La exploatarea cuptorului trebuie avut

în vedere ca:

- dimensiunile pietrei de var să fie de 100-120 mm, iar cocsul de 40-60 mm; la dimensiuni mai mari ale materialului, arderea nu este completă, iar la stingerea varului se obțin cantități mari de deseuri;
- temperatura din zona de ardere să nu depășească 1200 °C, deoarece se poate deteriora cărămida refractară;
- repartizarea pietrei de var și a cocsului să se facă uniform, pentru ca și arderea carbonatului de calciu să fie uniformă în tot cuptorul.

10.1. Obținerea laptelui de var

Pentru obținerea laptelui de var, oxidul de calciu obținut se tratează cu apă, conform reacției:



Cantitatea de apă folosită trebuie să asigure o concentrație a laptelui de var de 18-21 ° Bé, în care caz conținutul de oxid de calciu este de 190-230 mg/l.

Pentru obținerea laptelui de var se folosește aparatură tip Mick (Fig.10.2.), format dintr-un tambur orizontal (1) din tablă de oțel, prevăzut cu două bandaje (3), ce se sprijină pe rolele (4). Tamburul are coroană dințată (2), care este angrenată de o altă roată dințată a sistemului de acționare. Tamburul are lungimea (L), de 4-6 m și diametrul (Φ) de 1,2-2 m. Gura de încărcare (8), este prevăzută cu jgheabul (6). Tot în zona de încărcare, se aduce apa prin conductă (7), și pâlnia (8), prin care se degajă aburul produs la stingerea oxidului de calciu. Gura de evacuare a tamburului, este prevăzută cu jgheabul mobil (9), pentru îndepărtarea impurităților mari și a pietrei nearse. La evacuarea din aparat, laptele de var se trece pe o sită vibratoare cu ochiuri de

2-3 mm. Laptele de var obținut, de regulă se purifică folosind fie separatorul sistem Koran, fie instalația cu hidrocicloane.

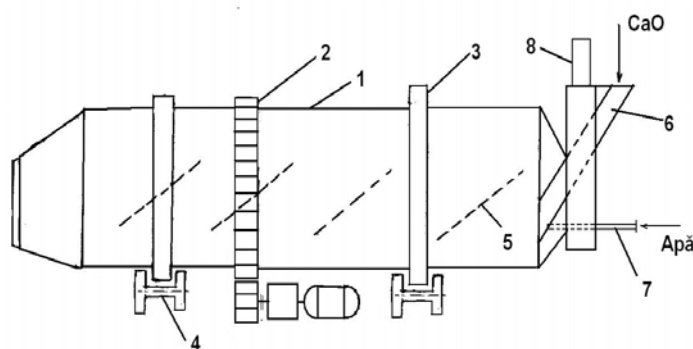


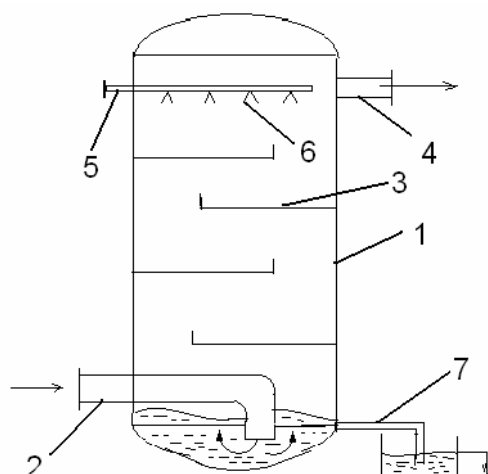
Fig. 10.2. Aparatul pentru pregătirea laptelui de var din CaO.

10.2. Obținerea gazului de saturație

Gazul de saturație format în cuptor, este absorbit cu o pompă și este trimis la răcire-purificare. Răcirea se face de la 150-300 °C la 30-40 °C, iar impuritățile îndepărtate sunt: praful de var, cenusa, praful de cocs.

Spălarea gazelor se face într-un spălător (Fig.10.3.), format dintr-un corp cilindric metalic prevăzut cu talere (3). Gazul se introduce prin conducta (2), impuritățile se elimină prin conducta (7), iar gazul purificat se elimină prin conducta (4). Prin conducta (5) se aduce apa, care se împrăstie prin intermediul distribuitorului (6).

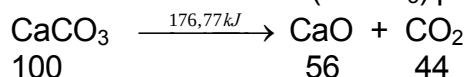
Fig. 10.3. Spălător de gaze.



10.3. Calcule tehnologice la obținerea oxidului de calciu (CaO) și a bioxidului de carbon (CO₂)

Se consideră că se porneste de la 100 kg carbonat de calciu (CaCO₃).

- Cantitatea de oxid de calciu (CaO) obținută prin arderea carbonatului de calciu (CaCO₃) pur, va fi:



$$\text{CaO} = \frac{56 \cdot 100}{100} = 56 \text{ kg}$$

$$\text{CO}_2 = \frac{44 \cdot 100}{100} = 44 \text{ kg}$$

Având în vedere că masa a 1 m³ CO₂ = 1,944; $\text{CO}_2 = \frac{44}{1,977} = 22,25 \text{ m}^3$.

- Cantitatea de gaz metan, ce trebuie ars:

Știind că puterea calorică a gazului metan este de 33 731,1 kJ/m³, la disocierea a 100 kg carbonat de calciu sunt necesari:

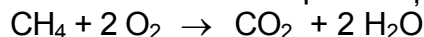
$$\begin{array}{r} 100 \dots\dots\dots 33\,731 \text{ kJ/m}^3 \\ \times \dots\dots\dots 1767,7 \text{ kJ/m}^3 \\ \hline \end{array}$$

$$x = \frac{100 \cdot 1767,7}{33731} = 5,24 \text{ m}^3 \text{CH}_4$$

Randamentul cuptorului este de 51-65% (med. 58%), deci cantitatea de gaz metan ars va fi:

$$\text{CH}_4 = \frac{5,24}{58} \cdot 100 = 9,03 \text{ m}^3$$

Arderea metanului are loc după ecuația:



Rezultă că 1 m³ CH₄ va da prin ardere 1 m³ CO₂, deci prin arderea a 9,03 m³ gaz metan se vor obține 9,03 m³ CO₂.

În total CO₂ = 9,03 m³ + 22,25 m³ = 31,28 m³

- Calculul concentrației în bioxid de carbon din gazul de saturație:

Pentru arderea a 1 m³ CH₄ sunt necesari 2 m³ O₂. Pentru arderea a 9,03 m³ CH₄ vor fi necesari: 9,03 x 2 = 18,06 m³ O₂. Aerul este format din 21% oxigen și 79% azot, deci pentru arderea a 9,03 m³ CH₄ vor fi necesari:

$$\begin{array}{r} 18,06 \text{ m}^3 \text{O}_2 \dots\dots\dots 21\% \text{O}_2 \\ \times \dots\dots\dots 100\% \\ \hline \end{array}$$

$$x = \frac{18,06 \cdot 100}{21} = 86 \text{ m}^3 \text{ aer}$$

- Cantitatea de azot, din aerul folosit, va fi:

$$\frac{86 \cdot 79}{100} = 67,94 \text{ m}^3 \text{N}_2$$

La ardere se folosește un exces de 20% aer, rezultă că nivelul de gaze de ardere care părăsește cuptorul de var va fi:

$$31,28 \text{ m}^3 \text{CO}_2 + 67,94 \text{ m}^3 \text{N}_2 + \frac{86 \cdot 20}{100} = 116,42 \text{ m}^3 \text{ gaze}$$

- Concentrația bioxidului de carbon în gazul ce părăsește cuptorul:

$$\frac{31,28}{116,42} \cdot 100 = 26,87\%$$

10. Teste pentru autoverificarea cunostințelor:

1. Ce rezultă prin arderea pietrei de var ?

- a) lapte de var ;
- b) gaz de saturație;
- c) ambele.

2. În care zonă a cuptorului are loc descompunerea pietrei de var în CO₂ și CaO ?

- a) zona de răcire;
- b) zona de ardere ;
- c) zona superioară.

3. Temperatura în zona de ardere nu trebuie să depășească:

- a) 1200°C;
- b) 1000°C;
- c) 1500°C;

4. În ce instalație se obține gazul de saturație? :

- a) cuptor de ardere;
- b) spălătorul de gaze ;
- c) aparatul tip Mick.

5. Ce cantitate de CaO rezultă la arderea a 100 kg de piatra de var? :

- a) 56 kg;
- b) 44 kg;
- c) 80kg.

Cap. 11. VALORIFICAREA SUBPRODUSELOR DIN INDUSTRIA ZAHĂRULUI

Subprodusele, din industria zahărului sunt:

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

11.1. Valorificarea borhotului

Borhotul rezultat la difuzia tăieților este un furaj valoros pentru animale, cu valoare nutritivă apropiată de a fânului. Borhotul se poate valorifica după 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 alte scopuri:

- 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.

11.2. 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:

- zaharoza (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 se păstrează până la valorificare 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:

- o obținerea alcoolului etilic;
- o obținerea drojdiei de panificație;
- o obținerea acidului citric;

- o obținerea acidului lactic;
- o îmbunătățirea calității furajelor prin melasarea acestora.

Melasa se caracterizează prin coeficientul melasigen (m), care reprezintă cantitatea de zaharoza antrenată sau reținută în melasă de 1 kg de nezahăr, 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 pentru 100 kg de sfeclă (P_z) = $N_z \times m$, iar cantitatea de melasă (M) ce se obține din 100 kg sfeclă va fi:

$$M = \frac{P_z \cdot 100}{Z};$$

Folosirea melasei la fabricarea spirtului din melasă (Fig. 11.1.) 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), adaus de săruri nutritive (sulfat de amoniu, superfosfat) și clarificarea melasei diluate prin filtrare sau centrifugare. Fermentația durează aproximativ 72 de ore, plămada fermentată fiind supusă distilării, în care caz se obține spirtul brut, care este supus în continuare rafinării.

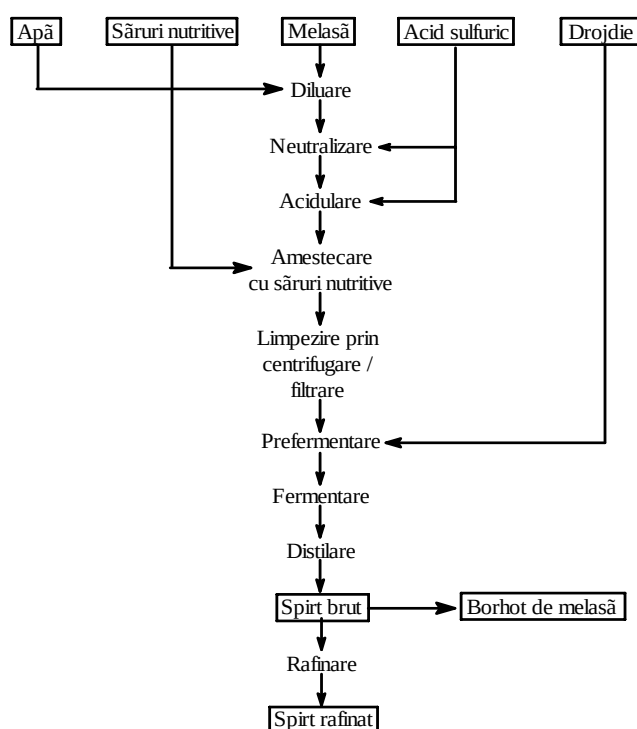
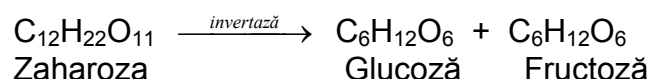
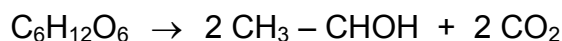


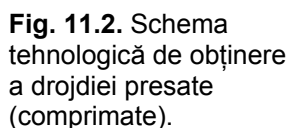
Fig. 11.1. Schema tehnologică de obținere a spirtului.

Fermentarea melasei diluate se face cu drojdie pentru spirt, la temperatura de 30-32°C, reacția de bază fiind următoarea:

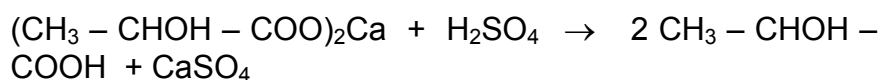
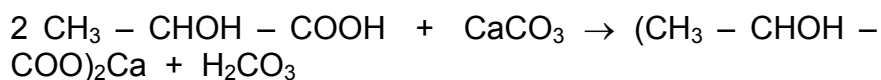
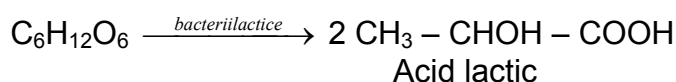
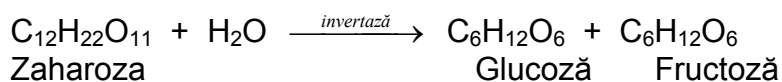




Folosirea melasei la fabricarea drojdiei comprimate impune pregătirea melasei, care se face la fel ca și în cazul fabricării spirtului, în plus se realizează și sterilizarea în vederea distrugerii microflorei prezente, urmată de răcire până la temperatura de însămânțare cu cultură aflată în faza a III-a de înmulțire a melasei pregătite. Schema tehnologică simplificată de obținere a drojdiei comprimate este prezentată în Fig.11.2.:



Folosirea melasei la fabricarea acidului lactic se bazează pe fermentarea zahărozei de către bacteriile lactice. Fermentația lactică are loc cu *Lactobacillus delbruckii* subsp. *delbruckii*. 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, se concentrează apoi sub vid .



Folosirea melasei la fabricarea acidului citric se face sub forma de melasă diluată, îmbogățită, sterilizată și răcită, prin fermentare cu spori de *Aspergillus niger*, după o tehnologie care implică operațiile menționate în Fig.11.3.

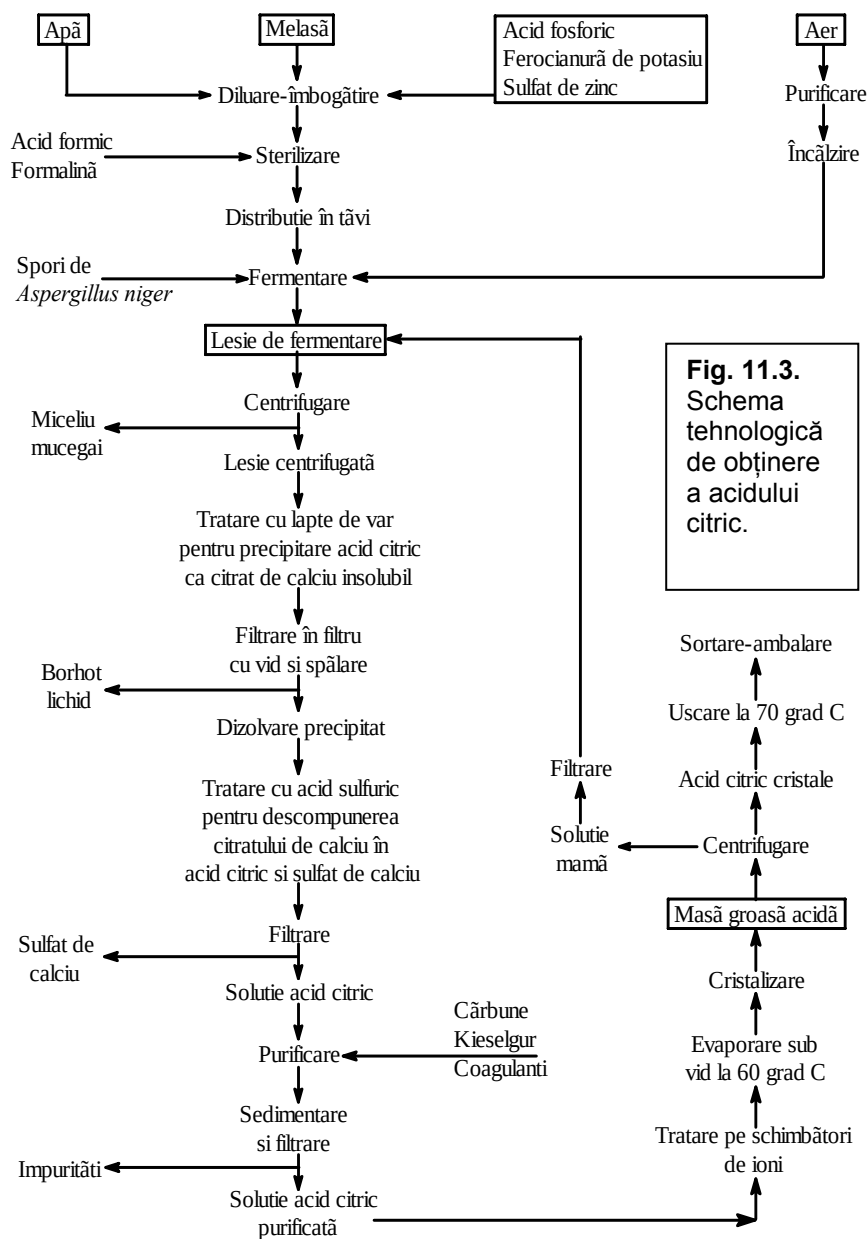


Fig. 11.3.
Schema
tehnologică
de obținere
a acidului
citric.

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 CaCO_3 ;
- zaharoza = 2%.

Având această compoziție, nămolul poate fi folosit ca:

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



11. Teste pentru autoverificarea cunoștințelor:

1. Care sunt subprodusele din industria zahărului ?
 - a) borhotul;
 - b) melasa;
 - c) borhotul, melasa, nămolul de la filtre.
2. Din care dintre subprodusele rezultate se poate obține acid citric?
 - a) borhotul;
 - b) melasa;
 - c) nămolul de la filtre.
3. Cum se poate îmbunătăți calitatea borhotului utilizat ca furaj?
 - a) prin melasare;
 - b) adăugare de zaharoză;
 - c) adăugare de vitamine.
4. Precizați ce se obține în mod curent din melasă:
 - a) alcool etilic, drojdie de panificație;
 - b) acid citric, acid lactic;
 - c) toate de mai sus.
5. Care este componenta principală a nămolului rezultat la filtrare?
 - a) CaCO_3 ;
 - b) saruri minerale diferite;
 - c) substanțe organice diferite.

12. ANALIZE DE LABORATOR

Pentru a realiza o producție eficientă în industria zahărului este necesară urmărirea științifică a procesului tehnologic, în vederea depistării unor deficiențe în derularea acestuia, motiv pentru care este necesară intervenția laboratorului de determinări fizico-chimice.

Se execută o serie de analize în diferite etape ale procesului tehnologic, atât asupra materiilor prime, cât și a subproduselor, materiilor auxiliare utilizate, în general asupra a tot ce intră în procesare și a tot ceea ce rezulta. Probele se prelevează și se trimit la laboratorul fabricii pentru executarea analizelor în conformitate cu standardele în vigoare.

De regulă se execută următoarele analize de laborator asupra fazelor procesului tehnologic:

- sfecla de zahăr - se prelevează din mijlocul de transport;
- laptele de var - se prelevează din rezervorul de lapte;
- gazul de saturație - se prelevează din conducta de gaz;
- tăieței proaspeți - se prelevează din transportorul de tăieței montat după mașina de tăiat sfecla;
- zeama de difuzie - se prelevează din difuzor prin intermediul unor robinete;
- borhotul presat - se prelevează la evacuarea acestuia din presă;
- borhotul uscat - se prelevează de pe transportorul de borhot uscat;
- zeama predefecată și defecată - se prelevează de la predefecator și defecator;
- zeama de saturație I și II - se prelevează de la saturatorul I și II prin intermediul unor robinete de probe;
- zeama subțire purificată - se prelevează la evacuarea din saturatorul II;
- zeama groasă - se prelevează de la concentratoare (stația de evaporare) prin intermediul robinetelor de probe;
- masele groase și siropurile - se prelevează de pe jghiaburile de evacuare;
- melasa - se prelevează de la centrifuge sau de la rezervorul de depozitare;
- zahărul finit - se prelevează din depozitul de zahăr, din ambalaje: saci, pungi;
- nămolul de la filtre - se prelevează de la filtrele de nămol;
- apele de condensare - se prelevează din rezervoarele de depozitare.

12.1. Analiza sfeclei

Determinarea impurităților aderente

Determinarea conținutului de zahăr polarizabil din sfeclă

Determinarea zahărului invertit din sfeclă

Determinarea cantității de marc din sfeclă



➤ **Determinarea impurităților aderente**

Metoda : analiza se face prin cântărirea înainte și după curățarea unei cantități de rădăcina de sfeclă.

Determinarea: se prelevează direct din mijlocul de transport o cantitate de sfeclă, se cântărește înainte și după curățarea fiecărei rădăcini, apoi se spală și se freacă cu o perie aspră, mai ales între cele două sanțuri și între perisorii rădăcinilor, după care se șterge în vederea îndepărtării apei și se cântărește din nou. Conținutul de impurități se determină cu relația :

$$\%I = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100, \quad \text{unde: } G_1 - \text{masa sfeclei înainte de curățare, kg;} \\ G_2 - \text{masa sfeclei după curățarea de impurități, kg.}$$



➤ **Determinarea conținutului de zahăr polarizabil din sfeclă**

Metoda: se aplică **Metoda digestiei apoase la cald.**

Determinarea: se prelevează circa 50 g tăieței de la masina de tăiat sau se taie sfecla în laborator, apoi se mărunțesc la o moriscă și se omogenizează.

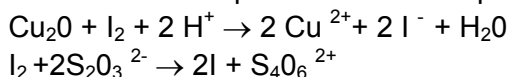
Din omogenat se cântăresc 26 g într-o capsulă metalică (alamă) la balanța tehnică. Transvazarea se face cantitativ, cu apă distilată la temperatura de 75-80°C, prin intermediul unei pâlnii, într-un balon cotat de 200 ml. Se adaugă 7 ml acetat de plumb pentru defecare (limpezire) și se încălzește la 75-80°C timp de 30 de minute pe baia de apă, cu agitare din 5 în 5 minute. Se aduce apoi conținutul balonului la 4/5 cu apă distilată de 75-80°C se menține încă 15 minute la 75-80°C, după care spuma formată se sparge cu 1-2 picături de eter, iar conținutul balonului se răcește la 20°C pe baia de apă rece. Se completează la semn cu apă distilată la 20°C, se omogenizează, se filtrează printr-un filtru uscat și se limpezeste (dacă filtratul este opalescent cu 2-3 picături de acid acetic diluat). Filtratul limpede este introdus într-un tub polarimetric de 400 mm și se citește rezultatul la zahărimetru (tubul polarimetric se clăteste de 2-3 ori cu soluția de analizat).



➤ **Determinarea zahărului invertit din sfeclă**

Metoda: zahărul invertit se determină pe baza proprietăților sale reducătoare, prin aplicarea **Metodei Ofner**, o metoda iodometrică. Se folosește o soluție cuprică având pH=10, mai scăzut ca al soluției Fehling,

iar cuprul redus se oxidează cu iod, chiar în mediul în care a avut loc reducerea. Cantitatea de iod care nu a reactionat se titrează cu tiosulfat de sodiu, apoi, prin diferență, se determină iodul consumat pentru oxidarea cuprului:



Determinarea: se cântăresc 51,23 g măcinătură de sfeclă care trece cantitativ într-un balon cotat de 200 ml. Se adaugă 80 - 100 ml acetat de plumb neutru pentru limpezire, se aduce la semn și se menține pe baia de apă la 70°C timp de 30 de minute. Apoi se răcește la 20°C conținutul balonului, se aduce la semn cu apă distilată și se filtrează prin hârtie de filtru. Din filtrat se iau 100 ml care se introduc într-un balon cotat de 200 ml și se adaugă fosfat disodic pentru precipitarea excesului de acetat de plumb. Se filtrează din nou și din filtrat se iau 50 ml care se introduc într-un balon conic de 300 ml. Se adaugă 50 ml soluție Ofner.

Soluție Ofner:

5 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ + 10 g Na_2CO_3 + 50 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 300 g sare Seignette
Se adaugă un vârf de cuțit de talc sau porțelan măcinat, se aduce la fierbere în interval de 4 - 5 minute pe sita metalică și se menține la fierbere 5 minute. Se răcește pe baia de apă, fără agitare, apoi se adaugă 15 ml HCl 1 N și imediat se adaugă dintr-o biuretă între 5 - 20 ml soluție de iod, acoperă balonul cu dop de sticlă și se menține sub agitare intermitentă încă 2 minute la fierbere. Se titrează cu tiosulfat în prezența de 5 ml soluție amidon, ca indicator. În paralel se face o proba martor. Conținutul de substanțe reducătoare, în mg, se determină cu relația:

$$\%Zi = \frac{V_1 - V_2 - V_3}{g} \cdot f \cdot d \cdot 100,$$

în care:

- V_1 - tiosulfat cu care s-a titrat proba martor, ml;
 V_2 - tiosulfat cu care s-a titrat proba de analizat, ml;
 V_3 - tiosulfat care revine zahărozei oxidate (0,1 Z în care Z=cantitatea de zaharoza care intră în proba la care se adaugă soluția Ofner), ml;
f- factorul soluției de tiosulfat;
d - diluția;
g - cantitatea de probă luată în analiză (se consideră 52 g).

Soluția de tiosulfat și de iod trebuie să fie de 0,0323N, în aceste condiții la 1 ml de tiosulfat de sodiu 0,0323 N corespund 0,001 g zahăr invertit.



➤ **Determinarea cantității de marc din sfeclă**

Metoda: determinarea marcului se face după **Metoda Claassen**.

Marcul (pulpa) reprezintă totalitatea componentelor insolubile din sfeclă

(4-5%) și este format din: 22 % celuloză, 50 % substanțe pectice, 23 % hemiceluloze, 2 % proteine, 1 % cenușă și 2 % lignină. Unele componente ale marcului se solubilizează prin încălzire (substanțele pectice, proteinele).

Determinarea: se iau 5 g de sfeclă mărunțită grosier și se introduc cantitativ într-un pahar Berzelius de 600 ml cu semn la 400 ml. Se introduc 400 ml apă fierbinte (80 °C), se menține 2 minute cu agitare și se aspiră apoi lichidul pe un filtru de hârtie (bandă albă) folosind pompa de vid. Spălarea și aspirația se repetă de 4 ori. Reziduul de pe filtru se spală apoi cu apă fierbinte și de 2-3 ori cu alcool, după care se usucă (mai întâi la 50-60 °C, apoi la 105-110 °C), până la greutate constantă. Se răcește în exicator 30 de minute și se cântărește. Calculul se face cu formula:

$$\% \text{ marc} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100$$

unde:

G_1 - greutatea probei luată în analiză, cântărită într-o fiolă împreună cu hârtia de filtru prin care s-a făcut filtrarea, g;

G_2 - cantitatea de marc uscată (de pe filtru) care se cântărește în fiola folosită la cântărirea probei de sfeclă mărunțită, g.

12.2. ANALIZA SUCULUI NORMAL

Determinarea conținutului de substanță uscată (grade Brix)

Determinarea conținutului de zahăr polarizabil din suc normal

Determinarea purității sucului normal

Determinarea cantității de nezahăr din suc normal

Determinarea coeficientului de suc

Determinarea aminoacizilor și amidelor

Determinarea acidității sucului normal

Sucul normal este sucul obținut prin presarea terciului (măcinăturii) din sfeclă. Pentru obținerea sucului normal se ia 1 kg de sfeclă mărunțită, se învelește într-o pânză de filtru uscată și se supune presării cu ajutorul unei prese de laborator. Sucul care se scurge se colectează într-un pahar curat și uscat și se păstrează la rece pentru efectuarea analizelor.



➤ **Determinarea conținutului de substanță uscată (grade Brix)**

Metoda: **Metoda refractometrică**

Determinarea: se ia o cantitate din suc normal, păstrat la rece, se filtrează printr-un filtru uscat într-un pahar uscat.

Din filtratul omogenizat

se iau cu o baghetă 1-2 picături care se pun pe prisma refractometrului și se

citeste conținutul de substanță uscată. Determinarea se face la 20°C. Dacă refractometrul nu este prevăzut cu ultratermostat, care să mențină temperatura la 20°C, se impune măsurarea temperaturii sucului filtrat și aplicarea unei corecții, care se ia din tabele:

- dacă temperatura este mai mare de 20°C, corecția se adaugă citirii;
- dacă temperatura este mai mică de 20°C, corecția se scade din citire.



➤ **Determinarea conținutului de zahăr polarizabil din suc normal**

Metoda: prin citirea rezultatului la zahărimetru.

Determinarea: se cântăresc pe balanța tehnică 26 g de suc filtrat într-o

capsulă metalică și se transvazează cantitativ cu apă distilată într-un balon cotat de 100 ml. Se adaugă 2,5-3 ml acetat de plumb, pentru defecare și se agită. Se completează până la 2/3 din volumul balonului cotat cu apă distilată, se agită și se lasă în repaus 2-3 minute. Pentru spargerea spumei se adaugă 1-2 picături de eter, după care se face completarea până semn cu apă distilată. Conținutul balonului se omogenizează după care se filtrează într-un pahar curat, printr-un filtru de hârtie uscat, în filtrat adăugându-se 2-3 picături de acid acetic pentru limpezire. După limpezire se încarcă tubul polarimetrului de 200 mm și se face citirea rezultatului la zahărimetru.



➤ **Determinarea purității sucului normal**

Metoda: calcularea raportului dintre zahărul polarizat și substanța uscată a sucului normal.

Formula de calcul este următoarea:

$$Q = \frac{P}{Bx} \cdot 100$$

în care:

Q - reprezintă puritatea sucului normal;

P - polarizația sucului (zahăr polarizabil), %;

Bx - substanța uscată (grade Brix) a sucului normal, %;



➤ **Determinarea cantității de nezahăr din suc normal**

Metoda: se calculează ca diferența dintre substanța uscată (Brix) din suc normal și polarizație.

Formula de calcul este:

$$\% Nz = Brix - Polarizație$$



➤ **Determinarea coeficientului de suc**

Metoda: calcularea cantității de suc normal la 100 kg sfeclă, cunoscând zahărul polarizabil din sfeclă și suc.

Formula de calcul:

$$K = \frac{P_1}{P_2} \cdot 100,$$

în care:

K - coeficientul de suc;

P₁ - zahărul polarizabil din sfeclă, %;

P₂ - zahărul polarizabil din suc, %.



➤ **Determinarea aminoacizilor și amidelor**

Metoda: se determină iodometric, fie spectrofotometric la 600 - 650 nm (metoda Stahek și Paviș), aminoacizii și amidele fiind considerate azot neandepărtabil.

Metoda iodometrică se bazează pe formarea de complexi solubili între aminoacizi și fosfatul de cupru:



Având în vedere că anumiți aminoacizi (leucina, arginina etc) formează complexii amintiți numai în prezența glicocolului, se adaugă în suc filtrat de analizat și glicocol.

Determinarea: se cântărește într-o fiolă 20-22 g suc filtrat, care se supune defecării prin tratare cu 1 ml soluție 1 N de acid acetic, într-un balon cotat de 50 ml. În continuare se adaugă 20 ml apă distilată și se lasă în repaus pentru sedimentare 15-30 de minute. Se completează cu apă distilată la semn și se filtrează printr-un filtru uscat. Filtratul se colectează într-un pahar de 100 ml. Excesul de plumb se elimină prin introducerea în filtrat a 0,25 g fosfat disodic pulbere. Se filtrează din nou soluția printr-un filtru uscat, filtratul acumulându-se într-un pahar uscat. Din filtrat se pipetează 20 ml într-un balon cotat de 50 ml, unde se introduce și 1 ml soluție glicocol 0,3%. Se neutralizează filtratul cu soluție NaOH 1 N, în prezență de fenolftaleină (2 picături), se completează la semn cu suspensie de fosfat de cupru, se omogenizează, se lasă în repaus 5 minute, după care se filtrează. Din filtrat se iau 20 ml care se introduc într-un balon conic cu dop rodat de 100 ml. Se adaugă 1 ml acid acetic concentrat și 4 ml soluție saturată de KI, și după o agitare timp de 10 secunde, se titrează cu soluție de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N în prezență de 0,5 ml de amidon (soluție).

În paralel se lucrează și proba numai cu glicocol, soluție 0,3%, care se introduce în 20 ml apă distilată aflată într-un balon cotat de 50 ml. Operațiile în continuare se desfășoară ca și în cazul precedent.

Calculul cantității de azot neândepărtabil se face cu relația:

$$\% \text{ N} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 0,00028}{g} \cdot 100$$

în care:

V_1 - volumul soluției de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N folosit la titrarea probei de analizat, ml;

V_2 - volumul soluției de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N folosit la titrarea probei cu glicocol, ml;

0,00028-cantitatea de azot aminic corespunzătoare la 1 cm^3 soluție $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N;

g-cantitatea de suc din proba supusă titrării (se va ține seama de diluțiile efectuate), g.



➤ **Determinarea acidității sucului normal**

Metoda: se determină prin titrare cu NaOH soluție 0,1 N în prezența fenolftaleinei ca indicator și se exprimă în g CaO / 100 ml soluție.

Determinarea: Pentru determinare se iau 25 ml suc normal și se introduc într-ocapsulă de porțelan.

Se adaugă 25 ml apă distilată proaspăt neutralizată față de fenolftaleină și se titrează cu NaOH 0,1 N. Se calculează cu relația:

$$\text{Aciditatea [g CaO / 100 ml soluție]} = \frac{0,00028 \cdot V}{25} \cdot 100 = 0,0112 V$$

unde: V - volumul de soluție de NaOH 0,1N utilizat la titrare, ml.

Stabilirea punctului de echivalență este dificilă, suc normal având culoarea cenușiu închis, deci trebuie confirmată cu hârtie indicatoare cu fenolftaleină.

12.3. ANALIZA MATERIILOR AUXILIARE

12.3.1. Analiza apei de difuzie

În mod curent se supun analizei următoarele materiale auxiliare:

- apa de difuzie (apa condensatorului barometric);
- apa de condensatie;
- apa de retea.



➤ **Determinarea pH-ului**

Metoda: pH-ul apei de difuzie trebuie să fie 5,8 - 6,2 pentru a se evita solubilizarea substantelor pectice. Determinarea pH-ului apei de difuzie se poate face:

- cu ajutorul hârtiei indicatoare de pH pentru domeniul respectiv, care se mentine 3 secunde în proba de analizat și după o stabilizare de 3 secunde a culorii se compară cu scara de pH a trusei de hârtie;
- potențimetric, cu ajutorul unui pH-metru portativ sau de laborator.

12.3.2. Analiza laptelui de var

Laptele de var se folosește la predefecare și defecare și se obține din var, prin tratare cu apă, având densitatea de circa 1,19. Laptele de var are ca element activ CaO, care este instabil; în aer absoarbe CO și se transformă în CaCO₃. Calitatea laptelui de var este dată de varul total și varul liber.

Varul total reprezintă suma oxidului de calciu și carbonatului de calciu.

Diferența dintre varul total și varul liber reprezintă oxidul de calciu legat sub formă de CaCO₃.



➤ **Determinarea varului liber**

Metoda: Se titrează 2 probe de câte 50 ml cu HCl 1 N, în prezență de fenolftaleină ca indicator.

Determinarea: Din laptele de var bine amestecat se cântăresc 5 g într-o capsula de porțelan tarată. Se trece conținutul capsulei într-un balon cotat de 200 ml cu apă distilată liberă de CO₂. Se aduce conținutul la semn, se omogenizează și din suspensie se iau 50 ml care se introduc într-un balon conic. Se titrează 2 probe de câte 50 ml cu HCl 1 N, în prezență de fenolftaleină ca indicator. Conținutul de CaO se determină cu relația:

$$\% \text{ CaO liber} = \frac{0,0028 \cdot V \cdot 200}{50 \cdot g} \cdot 100$$

în care:

V- cantitatea de HCl 1 N consumată la titrare (media aritmetică a celor două probe), ml;

g – cantitatea laptelui de var analizat, g.

➤ **Determinarea conținutului de var total**



Metoda: se bazează pe reacția dintre CaO și CaCO₃ cu acidul clorhidric. În exces de HCl, toată cantitatea de CaO și CaCO₃ se transformă în clorură de calciu. Excesul de HCl se titrează cu NaOH în prezența metiloranului ca indicator.

Determinarea: Se cântăresc 5 g lapte de var într-o capsulă de porțelan, apoi se trece cantitativ într-un balon cotat de 250 ml. În balon se adaugă și 50 ml HCl soluție 1N. Se încălzește balonul până la dizolvarea CaO și CaCO₃, apoi se răcește și se aduce conținutul la semn cu apă distilată. Se măsoară 50 ml într-un

balon conic și se titrează cu NaOH 1N în prezența metiloranjului ca indicator.

Cantitatea totală de CaO se calculează cu relația:

$$\% \text{ CaO liber} = \frac{0,0028 \cdot (V_1 - V_2) \cdot 250}{50 \cdot g} \cdot 100$$

în care:

V_1 - cantitatea de HCl 1 N consumată pentru descompunerea varului total, ml;

V_2 - cantitatea de NaOH 1 N folosită la titrarea excesului de HCl, ml;

g - cantitatea laptelui de var analizat, g.

12.3.3. Analiza gazului de saturatie



➤ **Determinarea gazului de saturatie**

Metoda: La carbonatare interesează concentrația CO_2 din gazul de saturație obținut la arderea pietrei de var. Analiza gazului de saturație se face cu **aparatură Orsat** care este formată dintr-o biuretă și 3 vase cu reactivi:

- în primul vas se găsește soluție de KOH 25 % pentru absorbția CO_2 ;
- în cel al doilea vas se găsește pirogalol pentru reținerea O_2 ;
- în al treilea vas se găsește o soluție cupro-amoniacală pentru reținerea CO.

Modul de lucru cu aparatul C este menționat în instrucțiunile aparatului.

12.4. ANALIZA TĂIETEILOR



➤ **Determinarea calitatii tăietelor**

Metoda: calitatea tăietelor se determină prin:

a. Cifra Silin

Determinarea: Cifra Silin se determină după următoarea metodologie: se

cântăresc 50 g tăietei care se așează pe o tablă de lemn prevăzută cu 10 sănuțete parale cu lungimea de 1 m / sănuțet. Pe fiecare sănuțet se așează cap la cap tăietei cu lungimea mai mare de 1 cm și grosimea mai mare de 0,5 mm. Se socoteste lungimea acestor tăietei și se raportează la 100 g.

Se recomandă ca cifra Silin să fie:

- 9 - 12 m/100 g în cazul difuzorului D;
- 12 - 14 m/100 g în cazul difuzorului RT;
- 11 - 13 m/100g în cazul difuzorului BM.

b. Cifra suedeză

Determinarea: se cântăresc 50 g tăietei din care, cu o pensetă, se aleg cei cu o lungime mai mare de 5 cm și cei cu o lungime < 1 cm. Cele două fracțiuni se cântăresc separat și se face raportul maselor.

c. Procentul de sfărâmături

Determinarea: Din proba de 50 g tăietei, se aleg cei cu lungimea < 1 cm, cei foarte subțiri, cei sub formă de pieptene. Aceștia se cântăresc și se raportează la 100 g. Procentul de sfărâmături nu trebuie să depășească 3%.



➤ **Determinarea conținutului de zahăr polarizabil**

Determinarea: se face prin metoda digestiei, ca și în cazul sfeclei, metoda prezentată anterior.



➤ **Determinarea substanței uscate**

Metoda: Determinarea substanței uscate se face prin

uscare la etuvă.

Determinarea: se cântăresc la balanta tehnică 10 - 15 g terci măcinat din borhot, într-o capsula de aluminiu, împreună cu o baghetă mică de sticlă.

Se întinde terciul cu bagheta în strat egal și se introduce fiola în etuva la temperatura de 105 – 110°C. Se ține timp de 6 - 8 ore la această temperatură, se scoate și se răcește în exicator, timp de 30 de minute, după care se cântărește. Calculul cantității de substanță uscată se face cu relația:

$$\% \text{ SU} = \frac{G_1}{G_2} \cdot 100$$

în care :

G1 - masa probei după uscare, g;

G2 - masa probei înainte de uscare, g.

12.5. **ANALIZA ZEMII DE DIFUZIE**

Determinarea conținutului de substanță uscată (grade Brix)

Determinarea polarizatiei

Determinarea purității (Q)

Determinarea acidității

Determinarea pH-ului

Determinarea puterii de coagulare

Determinarea activității microorganismelor

De două ori pe zi se efectuează un set de determinări asupra zemei de difuzie, set care cuprinde următoarele analize: determinarea conținutului de substanță uscată (grade Brix), a polarizării, a purității zemei, a acidității și pH-ului, a puterii de coagulare și a activității microorganismelor .



➤ **Determinarea conținutului de substanță uscată (grade Brix)**

Metoda: Determinarea conținutului de substanță uscată se efectuează refractometric, din proba răcită la 20°C.



➤ **Determinarea polarizatiei**

Metoda: Polarizația se determină, ca și în cazul sucului normal.

Determinarea:

- la analiză se lucrează cu o probă de 52 g;
- la defecare de folosesc 4-5 ml de acetat bazic de plumb;
- se folosește un tub de 400 mm;
- conținutul de nezahăr se determină prin împartirea citirii polarimetrice la 4.



➤ **Determinarea purității (Q)**

Metoda: Puritatea se determină cu relația:

$$Q = \frac{P}{Bx} \cdot 100 ,$$

în care : P - reprezintă polarizația;

Bx - reprezintă conținutul de substanță uscată (grade Brix).



➤ **Determinarea acidității**

Metoda: Aciditatea zemei de difuzie este dată de acizii organici extrasi din tăietei de sfeclă, odată cu zaharoza și

ceilalți componente solubili în apă.

Determinarea: se execută ca și în cazul sucului normal, însă pentru titrare se folosește NaOH, N/28. Calculul se face cu ajutorul relației:

$$\text{Aciditatea } [\% \text{ CaO}] = 4 \cdot V \cdot 0,001$$

în care: V-reprezintă volumul de NaOH, N/28, ml;

0,001- cantitatea de CaO corespunzătoare la 1 ml soluție de NaOH N/28,g.



➤ **Determinarea pH-ului**

Metoda: pH-ul se determină cu hârtie indicatoare de pH sau potențiometric.



➤ **Determinarea puterii de coagulare**

Metoda: Puterea de coagulare dă indicații asupra cantității de coloizi din zeama de difuzie. Principiul metodei constă în determinarea precipitatelor dizolvate coloidal cu acid acetic concentrat, măsurându-se volumul de precipitat separat prin sedimentare.

Determinarea: se măsoară cu un cilindru gradat 100 ml din zeama de difuzie care se transvazează cantitativ într-un pahar conic, unde se amestecă cu 1 ml acid acetic concentrat și se încălzește la 85°C. Se transvazează din nou în cilindrul gradat de 100 ml și se sedimentează 3 ore, în final citindu-se înălțimea precipitatului depus. Calculul puterii de coagulare se face considerând că 1 ml precipitat corespunde la o putere de coagulare de 1 %.



➤ **Determinarea activității microorganismelor**

Metoda: se aplică metoda Wemman, care are drept principiu faptul că în prezența bacteriilor de fermentație zeama are o aciditate mărită, crescută brusc, în acest fel scade pH-ul și se modifică puțin și Brixul. Se trasează o curbă etalon în care pe ordonată se înscriu pH-ul, aciditatea și Brixul, iar pe abscisă se înscriu sectoarele, în ordinea fluxului tehnologic de obținere a zemii de difuzie.

În locul în care există o creștere bruscă a acidității și o scădere a pH-ului, rezultă că există o infecție microbiană.

12.6. ANALIZA BORHOTULUI

Determinarea conținutului de zaharoza – metoda 1

Determinarea conținutului de zaharoza - metoda 2

Determinarea conținutului de substanță uscată

Determinarea cantității de borhot umed

Determinarea cantității de borhot presat

Determinarea cantității de apă proaspătă (A)



➤ **Determinarea conținutului de zaharoza – metoda 1**

Metoda: se face prin metoda digestiei la cald.

Determinarea: se prelevează 52 g de borhot umed, care se aduc într-un balon cotat de 200 ml. În continuare se procedează la fel ca și în cazul determinării zahărozei din sfeclă. Polarizarea se face în tub de 400 mm și rezultatul

se imparte la 2.



➤ **Determinarea conținutului de zaharoza - metoda 2**

Metoda: prin metoda presării

Determinarea: Borhotul grosier măcinat se învelește într-o pânză filtrantă și se supune presării. Sucul obținut se colectează într-un balon cotat de 50 sau 55 ml până la primul semn, se adaugă 2 ml acetat de plumb bazic (pentru limpezire) și se aduce la semn cu apă distilată. Se filtrează și se polarizează în tub de 400 mm.

Metoda nu are precizie mare deoarece în borhotul presat rămâne zaharoza reziduală. Calculul concentrației de zaharoza din borhot se face cu relația:

$$Z_s = \frac{P \cdot 0,26 \cdot 1,1}{50,2} \cdot 100 = 0,286 \cdot P$$

unde: P - reprezintă valoarea citită la zahărmetru.



➤ **Determinarea conținutului de substanță uscată**

Metoda: Substanța uscată din borhot se determină prin uscare la etuvă, la temperatura de 105 - 110 °C, timp de 6-8 ore, până la greutate constantă.

Determinarea: Proba luată în analiză este de 5 g și este introdusă cu o baghetă în capsula de aluminiu utilizată pentru cântărire. După uscare, capsula se răcește în exicator timp de 30 de minute și se cântărește. Calculul cantității de substanță uscată se face cu formula:

$$\% \text{ S.U.} = \frac{G_1}{G_2} \cdot 100$$

în care:

G₁ - reprezintă masa probei după uscare, g;

G₂ - reprezintă masa probei înainte de uscare, g.



➤ **Determinarea cantității de borhot umed**

Metoda: În practica industrială borhotul umed și presat se cântăresc, dar cantitatea lor poate fi determinată și prin calcul.

Determinarea: Din ecuațiile de bilant în zahăr și în substanță uscată, se poate determina cantitatea de borhot umed rezultat la extracția a 100 kg sfeclă:

- Ecuația de bilant de substanță uscată:

$$\frac{100 \cdot \text{SU}_{sf}}{100} = \frac{\text{Bu} \cdot \text{SU}_{Bu}}{100} + \frac{\text{Z} \cdot \text{SU}_Z}{100}$$

- Ecuația de bilant în zahăr

$$\frac{100 \cdot \text{DBu} \cdot P_{Bu}}{100} = \frac{\text{Z} \cdot P_Z}{100} + \frac{\text{SU}_{sf} \cdot P_Z - \text{SU}_Z}{\text{SU}_{Bu} \cdot P_Z - \text{SU}_Z \cdot P_{Bu}} \rightarrow \text{Bu} = \frac{\text{SU}_{sf} \cdot P_Z - \text{SU}_Z}{\text{SU}_{Bu} \cdot P_Z - \text{SU}_Z \cdot P_{Bu}}$$

în care:

SU_{sf} - substanța uscată din sfeclă, %;

SU_{Bu} - substanța uscată din borhotul umed, %;

SU_z - substanța uscată din zeama de difuzie, %;

B_u - reprezintă cantitatea de borhot umed, kg;

Z - reprezintă cantitatea de zeamă de difuzie, kg;

D - reprezintă digestia sfeclei, %;

P_z - reprezintă polarizatia zemii de difuzie, %;

P_{Bu} - reprezintă polarizatia borhotului umed, %.

Cantitatea de borhot umed se poate calcula și pe baza marcului din sfecă și borhot, cu următoarea formula:

$$B_u = \frac{M_s}{M_{Bu}}$$

in care:

M_s - reprezintă marcul din sfecă, %;

M_{Bu} - reprezintă marcul din borhotul umed, %.



➤ **Determinarea cantității de borhot presat**

Determinarea: cantitatea de borhot presat rezulta din următoarele ecuații:

$$B_u = B_p + A_p$$

$$\frac{B_u \cdot SU_{Bu}}{100} = \frac{B_p \cdot SU_{Bp}}{100} + \frac{A_p \cdot SU_{Ap}}{100}$$

sau:

$$\frac{B_p \cdot SU_{Bp}}{100} - \frac{A_p \cdot SU_{Ap}}{100} = \frac{B_u \cdot SU_{Bu}}{100}; \rightarrow \text{Se determina } B_u$$

in care: A_p - reprezintă apa de presa, kg.



➤ **Determinarea cantității de apă proaspătă (A)**

Metoda: Apa proaspătă de la difuzie se calculează din bilantul de materiale de la extracție pentru 100 kg sfecă.

Determinarea: calculul se face astfel:

$$100 + A = Z + B_p + A_p; \rightarrow A = Z + B_p + A_p - 100$$

$$A_p = B_u - B_p$$

in care: A_p - reprezintă apa de presă.

12.7. ANALIZA ZEMII PREDEFECATE SI DEFECATE

In mod curent la zeama predefecată se fac următoarele analize: pH-ul, alcalinitatea, calculul cantitatii de lapte de var ce se adauga la predefecare.



➤ **Determinarea pH-ului**

Metoda: pH-ul se determină cu hârtie indicatoare sau cu pH-metrul.



➤ **Determinarea alcalinitatii**

Metoda: titrare cu acid in prezenta de fenolftaleina.

Determinarea: zeama predefecată nefiltrată se omogenizează și se iau 10 ml care se pipetează într-o capsulă de porțelan, unde adaugă și 20 ml apă distilată neutră. După diluare și amestecare se adaugă 1-2 picături fenolftaleină și se titrează cu H₂SO₄ 0,28N dintr-o biuretă normală. Alcalinitatea se exprimă în [% CaO] cu ajutorul relației:

$$\text{Alcalinitatea} = \frac{V \cdot 0,0028}{10} \cdot 100 = 0,028 \cdot V$$

in care: V - reprezintă volumul de H₂SO₄ 0,28N folosit la titrare, ml.



➤ **Determinarea cantității de lapte de var ce se adaugă la predefecare**

Metoda: cunoscând alcalinitatea finală a zemii de difuzie și aciditatea acesteia, se poate calcula cantitatea de CaO necesară predefecării.

Determinarea: se folosește relația de calcul următoare:

$$\% \text{CaO}_{Zd} = \frac{\text{CaO}_{Zp} \cdot 100}{100 + x} + \text{CaO}_{Zd}$$

unde: CaO_{Zp} - reprezintă alcalinitatea zemii predefecate, determinată în proba nefiltrată;

CaO_{Zd} - reprezintă aciditatea zemii de difuzie;

x - reprezintă cantitatea de lapte de var adăugată la 100 kg zeamă de difuzie.

În practică necesarul de oxid de calciu se raportează la 100 kg sfeclă și se calculează cu relația:

$$\% \text{CaO}_{Zd} [\text{g}/100 \text{ ml}] = \frac{\text{CaO } \%_{\text{sfeclă}} \cdot d \cdot 100}{S},$$

în care:

$\text{CaO } \%_{\text{sfeclă}}$ - necesarul de oxid de calciu, exprimat în procente, raportat la sfeclă, g;

d - reprezintă densitatea zemii de difuzie ($d = 1,06 \text{ g/ml}$);

S - reprezintă sutirajul (cantitatea de zeamă extrasă din 100 kg sfeclă).

Pentru calculul cantității de lapte de var, considerând un lapte cu un conținut de X g CaO / 100 g lapte, se aplică relația:

$$\text{Lapte de var necesar (CaO)} = \frac{\text{CaO}_{Zd}}{X} \cdot 100,$$

în care:

CaO_{Zd} - conținutul de CaO [g / 100 g zeamă difuzie];

X - conținutul de CaO în lapte de var, g.

12.8. ANALIZA ZEMII DE LA SATURATIA I (Carbonatarea I)

În activitatea practică pentru zeama de saturatie I se execută următoarele determinări: pH-ul, alcalinitatea, viteza de sedimentare, volumul de nămol, determinarea coeficientului de filtrabilitate (F_k), determinarea indicelui de filtrare (F).



➤ **Determinarea pH-ului**

Metoda: pH-ul se determină cu hârtie indicatoare de pH sau potențiometric.



➤ **Determinarea alcalinitatii**

Metoda: alcalinitatea se determină după aceeași metodologie ca pentru zeama defecată, valorile sunt cuprinse între 0,08 - 0,1 % CaO.



➤ **Determinarea vitezei de sedimentare**

Metoda: urmărirea timp de 25 de minute a stratului de nămol depus dintr-o probă de zeamă tulbură, la temperatura de 65°C .

Determinarea: Sedimentarea zemii se face într-un cilindru gradat de 500 ml, cu diametrul de 3,6 cm. Se notează înălțimea stratului de nămol din minut în minut,

în primele 10 minute și din 2 în 2 minute până la 20 minute, apoi înălțimea la care

s-a ajuns la 25 minute. Datele obținute se înscriu în coordonate rectangulare: pe ordonată se trece înălțimea stratului de nămol, iar pe abscisă timpul, se trasează o curbă. Se duce tangenta în porțiunea în care curbă este aproape o dreaptă. Viteza de sedimentare este dată de panta acestei tangente. Viteza de sedimentare (S_k) se calculează cu relația:

$$S_k = \frac{h_s}{\tau_s} \text{ [cm / min]}$$

unde: h_s și τ_s reprezintă tăieturile pe cele două coordonate ale tangentei (Fig. 12.1.)

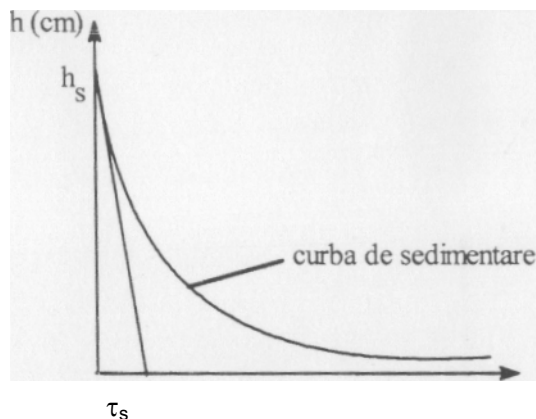


Fig. 12. 1. Curba sedimentarii zemii de la carbonatarea I

Cunoscând S_k se poate determina indicele de sedimentare (S_i), cu relația:

$$S_i = \frac{S_k}{10,5 - 10i - 0,25 \cdot s}$$

în care:

s - conținutul de substanță uscată din zeama brută, g/100g;

i - conținutul de substanțe reducătoare din zeama brută, g/100g.



➤ **Determinarea volumului de nămol**

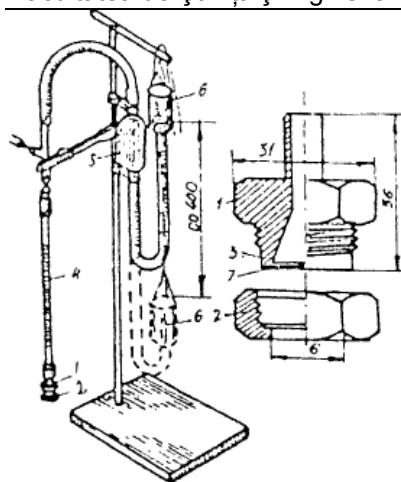
Metoda: Volumul de nămol se calculează pe baza determinării vitezei de sedimentare și se exprimă în procente față de volumul de zeamă. Deoarece diametrul cilindrului este constant, volumul de nămol se poate calcula ca raportul dintre înălțimea stratului depus după 25 de minute și înălțimea inițială a stratului de zeamă din cilindru.



➤ **Determinarea coeficientului de filtrabilitate (F_k)**

Metoda: determinarea se face într-un aparat (Fig.12.2), care cuprinde:

- capul de filtrare (1), având partea inferioară filetată (3), pe care se însurubează piulița (2), cu care se fixează sita suport (secțiune liberă 2 cm²) și hârtia de filtru);
- vasele (5 și 6), umplute cu mercur și care au rolul de a produce o diferență de presiune de 440 mm col Hg necesară filtrării;
- agitatorul, care menține precipitatul din zeamă în suspensie;
- biureta (4) de măsurare a volumului de lichid filtrat.



Pentru măsurare se introduce într-un pahar de laborator zeama turbidă, se încălzește la 65°C și se introduce în suspensie capul filtrant, se agită suspensia. Pentru realizarea diferenței de presiune necesară filtrării se coboară vasul (6) și se observă cum intră lichidul în biuretă. Se cronometrează durata (τ_1) necesară filtrării unei cantități de lichid echivalentă unei diviziuni din partea inferioară (biureta este împărțită în 5 părți egale de volum cunoscut) și în partea superioară (τ_2). Diferența dintre τ_1 și τ_2 , reflectă proprietățile de filtrare ale zemii de saturatie I.

Fig. 12.2. Aparat pentru determinarea coeficientului de filtrabilitate.

Coeficientul de filtrabilitate F_k se determină cu relația:

$$F_k = k (\tau_1 - \tau_2)$$

Filtrarea este corespunzătoare pentru $F_k < 3$, satisfacătoare pentru $F_k = 3 - 6$, slabă pentru $F_k > 6$.



➤ **Determinarea indicelui de filtrare (F_i)**

Metoda: Pentru calculul acestui indice se utilizează relația:

$$F_i = \frac{F_k}{10 \cdot l}$$

în care:

F_k - este coeficientul de filtrabilitate, cm/min;

l - conținutul de substanțe reducătoare din zeama de saturație I, g/100 ml zeamă brută.

Valorile $F_i < 1$ sunt favorabile, iar $F_i > 2$ sunt defavorabile.

12.9. ANALIZA ZEMII DE LA SATURATIA A II-A

În activitatea practică, pentru zeama de saturație a II-a se execută următoarele determinări: alcalinitatea, pH-ul și Brixul prin metodele indicate la zeama de difuzie sau zeama defecată. În plus este necesară și determinarea conținutului în săruri de calciu, care se formează ca urmare a neutralizării anionilor proveniți din zeama de difuzie, precum și a celor proveniți prin descompunerea zahărului invertit, amide, substanțe pectice în procesul purificării. Sărurile de calciu au solubilitate scăzută și pot precipita pe suprafețele de încălzire atunci când zeama este concentrată.



➤ **Determinarea conținutului de săruri de calciu**

Metoda: prin metoda complexometrică, care se bazează pe proprietatea unor combinații organice de a forma combinații complexe solubile, stabile și incolore în soluție cu ioni de calciu și magneziu. Se folosesc în acest scop: sarea de sodiu a acidului diaminotetracetic (EDTA), complexon III, trilon B.

Determinarea: Pentru determinare se iau 10 ml zeamă de carbonatare, care se aduc într-un balon conic de 300 ml, se adaugă 100 ml apă distilată și 5 ml soluție tampon. Se adaugă în continuare 5 ml soluție indicator Eriocrom T negru T (amestec 1:100 de Eriocrom T și NaCl în stare solidă). Se încălzește la 40°C, când culoarea se relevă mai ușor și se titrează cu complexon N/28, când soluția virează de la roșu la albastru verzui. Se face și o titrare cu 100 ml apă și 5 ml

tampon. Continutul de săruri de calciu se determină cu relația:

$$\% \text{ CaO} = \frac{(V_1 - V) \cdot 0,001}{V_o} \cdot 100, \text{ g/100 ml}$$

În care:

V_1 - volumul de complexon N/28 utilizați la titrarea probei, ml;

V - volumul de complexon N/28 utilizați la titrarea apei, ml;

V_o - volumul initial luat in analiză.

Dacă exprimarea se face în procente raportate la substanța uscată, atunci calculul se face cu relația:

$$\text{CaO\% su} = \frac{(V_1 - V) \cdot 0,001 \cdot 100}{V_o \cdot Bx \cdot d}$$

în care: Bx - continutul de substanță uscată în zeamă;

d - densitatea zemii (se alege din tabel în funcție de substanța uscată).

12.10. ANALIZA ZEMII SUBTIRI

Determinarea continutului în substanță uscată

Determinarea continutului în zahăroza

Determinarea continutului de substanțe reducătoare

Determinarea alcalinității

Determinarea continutului în coloizi

Determinarea continutului de săruri de calciu

Determinarea purității zemii subtiri

Determinarea colorației

Determinarea purității zemii groase

Determinarea cantității de zeama subtire



➤ **Determinarea continutului în substanță uscată**

Metoda: se determină refractometric.



➤ **Determinarea continutului în zahăroza**

Metoda: prin metoda digestiei la cald .

Determinarea: 52 g de zeama racita la 20°C se aduc într-un balon cotat de 100 ml, se neutralizeaza cu acid acetic 1:1 fata de fenolftaleina, se adauga 2-4 ml acetat de plumb bazic, se aduce la semn si se filtreaza. Citirea se face la zahărmetru în tub de 400 mm si se imparte la 4.



➤ **Determinarea continutului de substanțe reducătoare**

Metoda: prin metoda Ofner .

Determinarea: se iau 25 ml zeama subtire si se trec într-un balon cotat de 100 ml, se adauga 5 ml acetat neutru de plumb, se aduce la semn si se filtreaza. Din filtrat se iau 40 ml, se trec într-un balon cotat de 100 ml, se adauga 10 ml solutie fosfat disodic 10%, se aduce la semn si se filtreaza. Din acest filtrat se iau 50 ml si se determina continutul de zahăr reducator dupa metoda Ofner, aplicata si la analiza sfeclei.



➤ **Determinarea alcalinității**

Metoda: prin titrare cu acid sulfuric N/10.

Determinarea: proba se titreaza cu H_2SO_4 N/10, în prezența de roșu de crezol. Analiza se face ca și în cazul zemii predefecate și



➤ **Determinarea conținutului în coloizi**

Metoda: metoda precipitării cu alcool..

Determinare: zeama se neutralizează în prezența de fenolftaleina, apoi la 100 ml zeama neutralizată se adaugă 5 ml HCl 0,1 N, amestecul se diluează până la 10% substanță uscată. Se iau 10 ml din acest produs și se introduc într-un balon conic de 150 ml, în care a fost deja introdus amestecul de 100 ml alcool etilic și 5 ml eter etilic. Vasul conic se așează la un refrigerent cu reflux, se încălzește 2-3 min pe o baie de apă la fierbere, iar după răcire conținutul se filtrează pe un filtru uscat și adus la o greutate constantă. Sedimentul se spală cu 80-100 ml amestec alcool-eter-apă în proporții de 50 - 2,5 - 5. Sedimentul spălat se usucă pe filtru până la greutate constantă la 100 °C și se cântărește într-o fiolă de cântărire.



➤ **Determinarea conținutului de săruri de calciu**

Metoda: ca și în cazul zemii de la saturată la II-a.



➤ **Determinarea purității zemii subțiri**

Metoda: se determină cu ajutorul relației:

$$Q = \frac{P}{Bx} \cdot 100 ,$$

în care: P – polarizarea zemii subțiri;
 Bx - Brixul zemii subțiri.

O zeama subțire bine purificată trebuie să aibă o puritate mai mare de 90%.



➤ **Determinarea coloratiei**

Metoda: comparația vizuală cu o scară de soluții etalon a căror colorație este exprimată în *grade Stammer*.



➤ **Determinarea purității zemii groase**

Metoda: se calculează cu relația:

Determinarea: proba filtrată și răcită la 20°C este comparată cu soluțiile scării etalon (introduse în sticlute de o formă specială). Colorația este exprimată în procente față de conținutul de substanță uscată, conform relației:

$$^{\circ}\text{St} (\%Bx) = \frac{100 \cdot C}{Bx \cdot d} ,$$

în care: C – colorația sticlutei etalon asemănătoare, °St;
 Bx – Brixul zemii subțiri determinate refractometric;
 d – densitatea zemii corespunzătoare Brixului (se ia din tabele).



➤ **Determinarea cantității de zeama subțire**

Metoda: se calculează dintr-un bilant parțial în zahăr de la purificare cu relația:

$$Z_z - Z_n = Z_s$$

în care: Z_z - cantitatea de zahăr din zeama de difuzie;
 Z_n - cantitatea de zahăr din namol;
 Z_s - cantitatea de zahăr din zeama subțire.

Funcție de conținutul de zahăr, relația se mai poate scrie și altfel:

$$\frac{P_z \cdot S}{100} - p = P_s \cdot S_s ,$$

în care: P_z - conținutul de zahăr al zemii de difuzie, %;
 S - cantitatea de zeama de difuzie din 100 kg sfeclă (sutirajul);

p - pierderi de zahăr în namol, raportat la 100 kg sfeclă;

P_s - conținutul de zahăr din zeama subțire, %;

S_s - cantitatea de zeama subțire, % la 100 kg sfeclă.

Din relația de mai sus se calculează S_s, astfel:

$$S_s = \frac{P_z \cdot S - 100 \cdot p}{P_s}$$

12.11. ANALIZA ZEMII GROASE

Modul cum funcționează instalația de evaporare și efectul concentrării asupra calității zemii groase, calitatea acestora, sunt evidențiate de analizele efectuate asupra zemii groase. În practică se fac următoarele analize: conținutul în substanță uscată, conținutul în zahăroza, puritatea zemii groase, alcalinitatea și colorația acestora.



➤ **Determinarea conținutului în substanță uscată (grade Brix)**

Metoda: se determină refractometric și se dau indicații asupra mersului stației de evaporare.



➤ **Determinarea conținutului în zahăr polarizabil**

Metoda: se face la fel ca și în cazul zemii subțiri.

Determinarea: se folosesc 26 g zeama groasă, care se diluează cu apă distilată într-un balon cotat de 100 ml. Se neutralizează cu acid acetic

1:1 față de fenolftaleina și se limpezeste cu 1-2 ml acetat bazic de plumb. Se aduce la semn, se filtrează și se citește polarizația folosind tub de 200 mm.



➤ **Determinarea purității zemii groase**

Metoda: se calculează cu relația:

$$Q = \frac{P}{Bx} \cdot 100,$$

în care: P - polarizația;

Bx - Brixul zemii groase.



➤ **Determinarea alcalinității zemii groase**

Metoda: prin titrare cu acid N/10 și N/28 în prezență de fenolftaleină (pH-ul de viraj 8,3 - 10).

Determinarea: se cântăresc 10 g zeamă groasă într-o capsulă de porțelan, se diluează cu apă neutrală și se titrează cu acid până la virajul corespunzător al indicatorului. Omogenizarea se realizează cu o baghetă de sticlă. Alcalinitatea se calculează cu relația:

$$\frac{V \cdot 0,0028 \cdot 100}{10 \cdot Bx} = 2,8 \frac{V}{Bx},$$

în care: V - cantitatea de acid N/10 utilizată la titrare, ml;

Bx - conținutul în substanță uscată al zemii groase;



➤ **Determinarea colorației**

Metoda: se determină la fel ca la zeama subțire.

Determinarea: se face o diluție a zemii groase până la 15%. Soluția diluată se filtrează. Dacă soluția este tulbură înainte de filtrare, se adaugă 2 % kiesegur. Se corectează pH-ul la 7,0 și se colorimetrează la

560 nm. Culoarea se exprimă în grade ICUMSA, aplicând relația:

$$1000 \cdot D$$

$$C \cdot b$$

în care: D - extincția;

Bx - Brixul

c – concentrația, g/ml;

b - grosimea cuvei folosite.

Culoarea se poate exprima și în °St.

12.12. ANALIZA MASELOR GROASE SI A SIROPURILOR REZULTATE LA CENTRIFUGARE

Masele groase sunt un amestec de cristale și sirop, în echilibru la o anumită temperatură. Sunt obținute fie în urma cristalizării zahărului din soluții suprasaturate, fie prin amestecarea cristalelor de zahăr cu un sirop saturat în zahăr, la o anumită temperatură.

În practică la masele groase se determină: conținutul în substanță uscată aparentă (Brixul), conținutul de zaharoza, alcalinitatea.



➤ ***Determinarea conținutului în substanță uscată aparentă (Brix)***

Metoda: citirea la refractometru.

Determinarea: se cântăresc 5 g de probă într-o capsulă tarată, împreună cu o baghetă, la balanța tehnică, se adaugă 40 ml apă distilată la temperatura de 80-85°C, se amestecă până la dizolvarea completă și se completează până la 100 g cu apă distilată.

Din soluția astfel preparată se ia proba pentru citirea conținutului de substanță uscată la refractometru. După ce s-a aplicat corecția de temperatură, rezultatul citirii se înmulțește cu 2 și se obține Brixul produsului analizat.



➤ ***Determinarea conținutului de zaharoza***

Metoda: prin metoda polarimetrică (varianta gravimetrică).

Determinarea: se diluează masa groasă cu apă distilată în raport 1:1 și se cântăresc 52 g într-un balon cotat de 100 ml. Se adaugă acetat bazic de plumb pentru defecarea soluției, până la precipitarea completă a nezahărului. Se aduce conținutul la semn, se omogenizează și se filtrează. Filtratul se introduce în tub polarimetric de 200 mm și se citește la zahărimetru.



➤ ***Determinarea alcalinității***

Metoda: prin titrare cu soluție de 0,01N H₂SO₄ în prezența rosului de crezol.

Determinarea: proba de 10g se diluează cu apă distilată neutră față de indicatorul utilizat, într-o capsulă de porțelan. Se titrează în prezență de rosu de crezol și se exprimă în oxid de calciu. Se poate raporta la 100 g SU.

12.13. ANALIZA MELASEI, BORHOTULUI SI NĂMOLULUI DE LA FILTRE

a. Melasa: conținutul în substanță uscată (Brixul), conținutul de zaharoza.



➤ ***Determinarea conținutului în substanță uscată***

(Brix)

Metoda: refractometric, pe melasa ca atare sau după diluare 1:1.



➤ **Determinarea conținutului de zaharoza**

Metoda: prin polarimetrie directă.

Determinarea: se cântăresc 26 g probă (soluție diluată 1:1), se trec într-

un balon cotat de 100 ml și se face defecare cu 10-50 ml acetat bazic de plumb. Înainte de completarea la semn se încearcă dacă nu mai precipită cu acetat bazic de plumb. Se filtrează și dacă filtratul are culoare închisă, se decolorează cu 0,5 g cărbune vegetal, după care se filtrează din nou prin filtru de hârtie uscat într-un pahar uscat. Polarimetrarea se face în tub de 200 mm și rezultatul se înmulțește cu 2.

b. Borhotul umed și borhotul presat: conținutul de zahăr, conținutul în substanța uscată.



➤ **Determinarea conținutului de zahăr**

Metoda: metoda digestiei

Determinarea: se procedează la fel ca și în cazul analizei sfeclei, se cântăresc 25,62 g care se introduc în balon cotat de 200 ml.



➤ **Determinarea conținutului în substanță uscată**

Metoda: ca și în cazul tăieților proaspeți.

c. Nămolul concentrat: conținutul în CaCO_3 , conținutul de zahăr din nămol.



➤ **Determinarea conținutului în CaCO_3**

Metoda: titrarea în prezență de fenolftaleină cu acid clorhidric N/2,8.

Determinarea: se cântăresc 10 g nămol, se diluează de 2 - 3 ori cu apă distilată și se titrează în prezență de fenolftaleină, cu acid clorhidric N/2,8.

Se notează volumul de acid folosit pentru titrare și se continuă titrarea cu acid față de metil oranj. Cantitatea de oxid de calciu legat în carbonat de calciu se determină cu relația:

$$G_{\text{CaO}} = \frac{0,01 \cdot (V_1 - V_2)}{g} \cdot 100 = \frac{V_1 - V_2}{g},$$

în care: V_1 - cantitatea de acid utilizată la titrare, indicator metil oranj, ml;

V_2 - cantitatea de acid utilizată la titrare, indicator fenolftaleina, ml;

g - greutatea probei, g.

$$\text{Carbonatul de calciu} = \% \text{ CaO} = \frac{100}{56} = 2 \text{ CaO} \%.$$



➤ **Determinarea conținutului de zahăr din nămol**

Metoda: metoda polarimetrică.

Determinarea: se iau 50 g nămol, se amesteca cu 50 ml apă distilată într-un pahar, până se obține o masă omogenă care se neutralizează față de fenolftaleină cu acid acetic 1:1.

Se trece apoi totul într-un balon cotat de 200 ml, se limpezeste cu 1-2 ml acetat bazic de plumb, se aduce la semn, se filtrează și se polarizează în tub de 200 mm. Analiza este necesară pentru aprecierea pierderilor de zahăr.

12.14. ANALIZA PRODUSULUI FINIT

Zahărul cristalizat din sfecla de zahăr sau trestie conține:

- zaharoza: 99,96 %
- apă: 0,02 - 0,04%
- nezahăr organic sau anorganic: 0,2 %.

Pentru produsul finit se fac următoarele analize: determinarea cenusii, determinarea umidității, determinarea culorii zahărului, determinarea zahărozei.



➤ **Determinarea cenusii**

Metoda: se cântărește cenusa la balanta sau se determina conductometric

Determinarea: se cantaresc 10 g zahăr într-un creuzet de portelan tarat.

Se umezește zahărul cu 1 ml H₂SO₄ concentrat și se calcinează conținutul la 500-600°C. Se răcește în exicator și se cântărește. Cantitatea de cenusa se calculează cu relația:

$$\% \text{ cenusă} = \frac{G1 \cdot 0,9}{G} \cdot 100 ,$$

in care: G - masa zahărului luată în analiză, g;

G1 - masa cenusei, g;

0,9 - coeficientul de diminuare a cantității de cenusa corespunzător fosfaților formați.



➤ **Determinarea umidității**

Metoda: se face prin uscare la etuvă.

Determinarea: se cântăresc 5 g zahăr la balanta analitică și se usucă 3 ore la 105°C. Se răcește fiola în exicator și se cântărește din nou. Umiditatea se determină cu relația:

$$\% U = \frac{G1 - G2}{G1 - G} \cdot 100 ,$$

in care: G₁ - masa fiolei plus masa zahărului luat în analiză, g;

G₂ - masa fiolei plus masa zahărului după uscare, g;

G - masa fiolei, g.



➤ **Determinarea culorii zahărului**

Metoda: se face ca și în cazul zemii subțiri.

Determinarea: se folosește o soluție de zahăr de 50 % Brix care compară cu etaloanele din scară. Colorația se exprimă în °St față de 100 g substanță uscată (100 Bx). Pentru calcul se determină exact Brixul soluției, iar tabele se ia densitatea corespunzătoare.



➤ **Determinarea zahărozei**

Metoda: polarimetric

Determinarea: se cântăresc 26 g zahăr, care se trec în balon cotat de 100 ml.

Se dizolvă mai întâi în 70 ml apă și apoi se adaugă o picătură de acetat bazic de plumb, după care se aduce la semn, soluția trebuind să aibă temperatura de 20°C. Se filtrează (primele porțiuni se aruncă), iar soluția limpede se introduce în tub de 200 mm și se face citirea la zahărimetru, care se repetă de 4-5 ori, făcându-se în final, media aritmetică.

BIBLIOGRAFIE

1. Banu C., Stratila D., Garnai M. – Tehnologia zahărului, Ed. Fundației Universitare "Dunărea de Jos" Galați, 2007.
2. Banu C., coordonator - Manualul Inginerului de Industrie Alimentară, vol. II, Ed. Tehnică, București, 2002.
3. Banu C. - Biotehnologii în Industria Alimentară, Ed. Tehnică, București, 2000.
4. Vizireanu C. – Tehnologii generale în industria extractivă, Note de curs, 2002.
5. Vizireanu C. – Tehnologia zahărului, Note de curs, 2001.
6. Stroia, A., s.a. - Biochimia și calitatea tehnologică a sfeclei de zahăr, Ed. Tehnică, București, 1994
7. Răsenescu I, Otel I - Îndrumar pentru industria alimentară, vol I și II, Ed. Tehnică, București, 1987.
8. Murgeanu A .,s.a. – Utilajul și tehnologia în industria alimentară extractivă, industria zahărului, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1985.
9. Culache D., Mironescu V. – Îndrumar de lucrări practice la tehnologie și utilaj pentru industria zahărului, Universitatea "Dunărea de Jos" Galați, 1984.