

PRELUCRAREA SFECLEI DE ZAHAR

Proiect pentru susținerea examenului de certificare a competențelor profesionale
Nivelul 4, Profilul: Resurse naturale și protecția mediului , Calificare: Tehnician în industria alimentară, Liceul Tehnologic Văleni, 2017 ;
Absolvent SCARLAT GEORGETA ,
Îndrumător Prof. Ing. TUDOR DANIEL

Procesul tehnologic de prelucrare a sfeclei de zahar este un proces complex de extracție, format dintr-un ansamblu de operații fizice, chimice și fizico-chimice, care au ca scop asigurarea condițiilor tehnice optime pentru extragerea și cristalizarea, cu un randament cât mai ridicat și cu cheltuieli minime, a zaharului conținut de sfecla de zahar.

1. Generalități

Procesul tehnologic decurge astfel: sfecla de zahar, care trebuie să conțină 16-18% zaharoza este spalată, curată de impurități și tăiată în particule sub forma literei "V" denumite tăietei de sfecla. Apoi structura celulară a tăietilor de sfecla este distrusă printr-un tratament hidrodinamic, denumit "plasmoliza". Taieteii de sfecla plasmolizați sunt epuizați în zahar

Printr-un proces de difuzie care se realizează în contracurent în apă caldă. În urma acestui proces se obține borhotul destinat furajării rumegătoarelor , în primul rând a vitelor ,și o zeama brută denumită "zeama de difuzie" care conține circa 14% zaharoza. Zeama de difuzie este purificată cu lapte de var care precipită o parte din substanțele străine zaharului pe care acesta le conține. O mare parte din oxidul de calciu introdus în zeama de difuzie cu laptele de var este apoi precipitat cu dioxid de carbon, formându-se carbonatul de calciu. Acesta absoarbe și adsorbă substanțele străine zaharului care au fost precipitate , namolul format eliminându-se prin decantare și filtrare.

Zeama limpede se încălzește la temperatură de 95...96°C și se tratează din nou cu dioxid de carbon pentru decalcificare.

Zeama clară , decalcificată este apoi concentrată prin trecere succesivă printr-o instalație de vaporizare care funcționează pe principiul efectului multiplu. În stația de vaporizare , procesul tehnologic se desfășoară astfel: în primul vaporizator zeama clară este adusă la fierbere celelalte vaporizatoare funcționează la presiuni din ce în ce mai scăzute, iar ultimul vaporizator funcționează sub vid.

După concentrare prin vaporizare siropul rezultat este concentrat în continuare după ce , mai întâi este transferat în aparatele de fierbere și cristalizare care funcționează sub vid parțial și este adus la temperatura de 80°C. Datorită concentrării ulterioare sub vid , zaharoza din sirop ajunge la suprasaturatie , ceea ce determină apariția unei cristalizări spontane întreținută prin introducerea continuă a siropului concentrat până la momentul în care cristalizarea atinge stadiul optim caracterizat prin dimensiunea dorită a cristalelor de zahar obținute și prin încărcare maximă cu produs al aparatelor de fierbere și cristalizare. Se

formeaza astfel 'masa groasa' care este un amestec de cristale de zaharoza cu siropul 'mama' din care au fost cristalizate.

Zaharul este separat din masa groasa prin centrifugare. Cristalele de zahar sunt apoi supuse unei ultime operatii de purificare prin spalare in centrifuga cu apa fierbinte si cu vapori. Aceasta operatie se numeste clesaj.

Siropul separat si recuperat dupa centrifugare se numeste 'sirop verde' sau 'sirop sarac' si este supus , ia inca doua operatii de fierbere si cristalizare , care permit recuperarea in intregime a zaharozei cristalizabile si formarea melasei.

Zaharul separate in a doua si a treia treapta de cristalizare este apoi rafinat. La rafinare se realizeaza indepartarea nezaharului existent in stratul de melasa aderent pe cristalele de zahar separate , dupa cea de a treia treapta de cristalizare. In acest scop , zaharul brut se dizolva in apa , se obtine clera care se filtreaza si se decoloreaza. Clera astfel purificata este amestecata cu siropul concentrat si transformata in 'sirop standard' din care se cristalizeaza zaharul in prima treapta de cristalizare.

Bilantul global de masa al unei fabrici de zahar pentru o tona de sfecla prelucrata care contine 17% zahar , poate fi sintetizat astfel:

- 140kg zahar cristal ;
- 60kg borhot epuizat uscat cu umiditate de circa 8%, in care se regaseste zahar reprezentand 0,3% din sfecla prelucrata;
- 40kg melasa cu concentratie de zahar de 50%
- 80kg namol de carbonatare, in care se regaseste zahar reprezentand 0,06% din sfecla prelucrata. Namolul de la carbonatare este utilizat ca amendament agricol pentru neutralizarea solurilor acide.

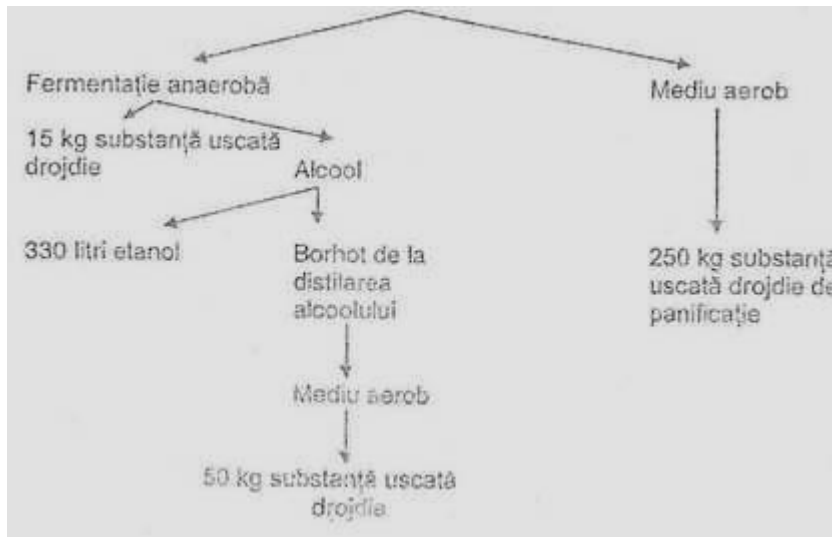
Bilantul zaharului corespunzator unei tone de sfecla prelucrata , care contine 17% zahar , este urmatorul :

- 140kg se obtine sub forma de zahar produs finit
- 20kg se regasesc in melasa;
- 3kg se regasesc in borhotul uscat;
- 0,6 kg se regasesc in namolul de carbonatare ;
- restul de 6,4 kg reprezinta pierderile tehnologice.

Melasa rezultata este o valoroasa materie prima pentru industria fermentativa si un valoros furaj pentru vite. In figura 9.4 se prezinta schematic posibilitatile de valorificare a melasei.

1 tona de melasa bruta

Fig. 9.4. Bilant general de verificare a melasei in industria fermentativa.



Fazele si operatiile procesului tehnologic de prelucrare a sfeclei de zahar

Principalele faze care constituie procesul tehnologic sunt:

- receptia sfeclei de la cultivatori;
- manipularea si depozitarea sfeclei de zahar;
- pregatirea sfeclei in vederea extractiei zaharului;
- extractia zaharului din sfecla de zahar, obtinerea zemii de difuzie si epuizarea borhotului in zahar;
- purificarea calco-carbonica a zemii de difuzie, obtinerea si decalcifierea zemii subtiri, epuizarea in zahar a namolului;
- concentrarea zemii subtiri si obtinerea zemii groase, obtinerea si dirijarea vaporilor secundari;
- fierberea, cristalizarea, centrifugarea si rafinarea zaharului;
- conditionarea, ambalarea si depozitarea zaharului cristal;
- controlul fizico-chimic pe fazele si operatiile procesului tehnologic, determinarea calitatii sfeclei, a zaharului, borhotului si melasei.

La desfasurarea normala a procesului de prelucrare a sfeclei, care are loc intr-o fabrica de zahar contribuie si alte faze si operatii, considerate ajutatoare, care asigura:

-obtinerea varului si a dioxidului de carbon necesare purficarii calco-carbonice a zemii de difuzie;

-uscarea sau brichetarea borhotului in vederea conservarii si mentinerii valorii nutritive;

-gospodarirea curtii fabricii, care asigura alimentarea fabricii cu sfecla de zahar, alimentarea cuptorului de var cu piatra de var, cocs si gaze naturale, evacuarea si depozitarea namolului de saturatie si a namolului de la decantoarele radiale;

-depozitarea si conservarea melasei, incarcarea melasei in mijloace de transport si livrarea sa;

-gospodarirea apelor, epurarea si recircularea apelor;

-producerea energiei termice si electrice in centrala termoelectrica proprie.

1. Receptia sfeclei de zahar de la cultivatori

Receptia sfeclei de zahar de la cultivatori se face in baza prevederilor contractului de furnizare – livrare a sfeclei.

Manipularea si depozitarea sfeclei de zahar.In camp, dupa recoltarea semimecanizata, sfecla de zahar trebuie depozitata sub forma de gramezi.Principalele caracteristici ale gramezilor de sfecla de zahar sunt prezentate in tabelul 9.22.

Tabelul 9.22

Proprietati mecanice ale gramezilor de sfecla de zahar

Denumirea proprietatilor mecanice ale gramezilor de sfecla	Valoarea
1	2
Factorul de frecare interna a masei de radacini de sfecla	0,8
Unghiul de taluz natural al gramezilor de sfecla, grade:	37 - 39
-pentru sfecla curata, uniforma, cu masa radacinii de valoare mijlocie	34 - 46
-pentru sfecla de zahar impura	36 - 40
-valoarea care se ia in calcul la proiectare	
Unghiul de alunecare pe suprafete de otel, grade:	30 – 35
-pentru sfecla curata, uscata	42 - 45
-pentru sfecla impura sau inghetata	30
-pentru sfecla umeda	
Unghiul de alunecare pe suprafete de cauciuc, grade:	

-pe banda transportoare	15 - 20
-pe banda transportoare cu bare transversale	30 - 35
Unghiul de alunecare al taiteilor de sfecla de zahar, grade:	circa 47
-pe placa de otel	circa 20
-pe banda de cauciuc	
Unghiul de taluz al borhotului umed, grade:	60 - 65
Unghiul de taluz al borhotului presat, grade:	circa 45

In tabelul 9.23 este prezentat gradul de vatamare a sfeclei la descarcarea din mijloacele de transport, in functie de tipul utilajului de descarcare

Tabelul 9.23

Gradul de vatamare a sfeclei in functie de modul de manipulare

Modul de manipulare a sfeclei de zahar	Masa medie a unei radacini	Inaltimea critica de cadere	Radacini puternic lovite	Continut de sfaramaturi
	g	m	%	%
Cu incarcator frontal, prin cadere libera	0,500	1,75	8,5	0,75
Cu incarcator frontal, prin cadere pe plan inclinat	0,500	1,75	2,5	0,10
Cu pompe de sfecla	0,500	-	10,5	0,50
Cu dozator de sfecla in canalul hidraulic	0,450	-	2,1	0,10
Cu tractor cu lama prin cadere libera	0.400	2,50	16,5	2,15

In tabelul 9.25 se prezinta valorile inaltimii critice de cadere a sfeclei la descarcarea mecanizata din mijloacele de transport.

Inaltimea critica de cadere a sfeclei la descarcarea din mijloace de transport

Masa unei radacini de sfecla de zahar	Inaltimea critica de cadere, in m, corespunzatoare modulului de elasticitate al sfeclei, in MN/ m^2			
	10	5	3	1,5
g				
0,1	2,10	4,00	6,50	13,00
0,1	1,60	3,10	5,20	10,50
0,3	1,20	2,15	3,90	7,95

0,4	0,80	1,60	2,60	5,20
0,5	0,65	1,25	2,20	3,90
0,6	0,50	0,90	1,80	2,60
0,7	0,45	0,70	1,65	2,20
0,8	0,40	0,50	1,50	1,80
0,9	0,35	0,45	1,30	1,65
1,0	0,30	0,40	1,10	1,50

2. Pastrarea sfeclei dupa recoltare

Sfecla decoletata si recoltata trebuie livrata imediat fabricilor de zahar. Deci, din masina de recoltat, sfecla este descarcata direct in autovehicule care o transporta la fabrica. Dar, in cazurile in care recoltarea se face inca semimecanizat, sfecla trebuie depozitata si pastrata in camp pana la livrarea la fabricile de zahar.

Pentru pastrare, chiar si pentru durate scurte de timp, de circa 2 – 4 zile, se dirijeaza sfecla matura, sanatoasa, apartinand unui singur soi, decoletata corect, fara impuritati vegetale, bine curatita de pamant si de impuritati minerale. Continutul total maxim de impuritati care se poate admite la depozitarea sfeclei, chiar pe perioade scurte de timp, este de 3 %, din care maximum 1 % impuritati vegetale si 2 % impuritati minerale, in primul rand pamantul aderent la firisorii absorbanti din canalele zaharate longitudinale.

Terenurile pe care se depoziteaza sfecla trebuie sa fie bine batatorite, pentru a avea rezistenta la presiunea exercitata de masa de sfecla depozitata si pentru a evita infiltrarea apei de ploaie care poate impiedica preluarea sfeclei in caz de ploaie. Terenurile de depozitare, platformele betonate , paltforme bazelor de receptie, peretii si platformele silozurilor de zi ale fabricii de zahar trebuie stropite cu:

-lapte de var, cu masa specifica de 5 - 6° Bé. Cantitatea de lapte de var utilizata pentru stropirea acestor suprafete este de 50 l /100 m^2 ;

-substante biocide, care impiedica flora microbiana sa se dezvolte pe suprafata sfeclei, in special in zonele in care epiderma radacinii este taiata sau lovita. Gramezile de sfecla ventilate natural se aseaza pana la inaltimea de 2,5 – 3,0 m iar cele cu ventilatie mecanica pana la inaltimea de 6,5 – 8,0 m. Latimea gramezilor este de 16 m si mai mult. Cantitatea de sfecla de zahar cuprinsa intr-un m^3 din gramada de sfeclaeste de pana la 650 kg.

Sfecla de zahar depozitata in gramezi se stropeste, pe toata lungimea sa, cu lapte de var

cu masa specifica de 5 - 6° Bé, in cantitate de 5 l/t de sfecla.suprafetele gramezilor trebuie sa fie bine nivelate, pentru a se evita pericolul acumularii de apa in caz de ploaie.

Datele experimentale obtinute de dr.P. Staticescu, in diferite zone de cultura a sfeclei din Romania, confirma ca sfecla recoltata si decoletata lasata in camp pierde, dupa 24 de ore, o cantitate de zahar care este prezentata in tabelul 9.26.

Tabelul 9.26

Pierderile de zahar in timpul stationarii a sfeclei decoletate si recoltate

Numarul zilelor de stationare pe camp a sfeclei decoletate si recoltate, zile	Pierdere de zahar, Kg zahar / 100 kg sfecla
1	0,45
2	0,62
3	0,90
4	1,15
6	1,33
10	2,35

Alte valori ale pierderilor de zahar la depozitarea sfeclei de zahar sunt prezentate in tabelul 9.27.

Tabelul 9.27

Pierderile de zahar la depozitarea sfeclei de zahar

Sistemul de depozitare a sfeclei de zahar	Pierdere de zahar, g / tona sfecla in 24 de ore
Gramezi neacoperite	300
Gramezi acoperite cu un strat de paie de 15 – 20 cm	260
Gramezi acoperite cu folie de polietilena	200
Gramezi acoperite cu folie de polietilena si nisip	190

9.10.2.3. Receptia sfeclei de la cultivatori

Intre producatorul de sfeclade zahar si fabrica de zahar trebuie sa se incheie un contract de productie si livrare a sfeclei de zahar, in care trebuie sa se mentioneze conditiile concrete in care fabrica poate platii sfecla livrata de producator. In acest sens, din valorile prezentate in tabelul 6 rezulta cantitatea de sfecla de zahar care trebuie prelucrata pentru a se obtine 1,0 t de zahar, crystal conform SR 11-95.

Tabelul 9.28

Cantitatea de sfecla de zahar care trebuie prelucrata pentru a se obtine 1,0 tona de zahar cristal

Continutul de zahar al taiteilor	%	14	15	16	17	18
Cantitatea de sfecla de zahar prelucrata pentru a se obtine 1,0 tona de zahar cristal	t	9,25	8,55	7,85	7,30	7,80

In prezent, in Romania, receptia si plata sfeclei de zahar la cultivatori se face in functie de masa neta livrata de producatorii de sfecla, avand ca suport legal STAS 10603 – 86. Exista tendinte locale, la unele fabrici de zahar, de introducerea receptiei si platii sfeclei de zahar in functie de continutul biologic de zaharoza.

In vederea livrării, la fabrica de zahar, producatorul de sfecla de zahar trebuie sa efectueze urmatoarele operatii preliminare:

- sortarea sfeclei dupa masa individuala a radacinilor;
- curatirea preliminara de pamant si impuritati minerale;
- incarcarea sfeclei sortate si curatite in mijloacele de transport;
- transportul sfeclei din camp la fabrica de zahar sau in bazele de receptie.

9.10.2.4. Pregatirea sfeclei pentru industrializare

Reprezinta prima faza a procesului propriu-zis de prelucrare a sfeclei de zahar si este importanta pentru ca asigura eliminarea impuritatilor minerale si organice din masa sfeclei, care pot produce fenomene microbiologice cu efect negativ asupra functionarii fabricii, si asigura conditii optime de desfasurare a fazelor si operatiilor ulterioare de prelucrare a sfeclei. Principalele operatii ale acestei faze care asigura pregatirea sfeclei in valoarea prelucrării industriale sunt:

- descarcarea sfeclei din mijloacele de transport;
- depozitarea de scurta durata a sfeclei in silozurile de zi ale fabricii;
- transportul sfeclei si depozitarea de scurta durata in „canalele fabricii”;
- transportul sfeclei din silozurile de zi la peretele exterior al halei de fabricatie;
- indepartarea impuritatilor minerale;
- indepartarea impuritatilor organice;
- ridicarea sfeclei la masina de spalare;
- spalarea sfeclei;

- ridicarea radacinilor spalate la buncarul masinilor de taiat;
- dezinfectarea sfeclei spalate;
- taierea sfeclei si obtinerea taiteilor de sfecla;

In figura 9.5 este prezentata schema tehnologica de descarcare, separare de impuritati, transport hidraulic si spalare a sfeclei.

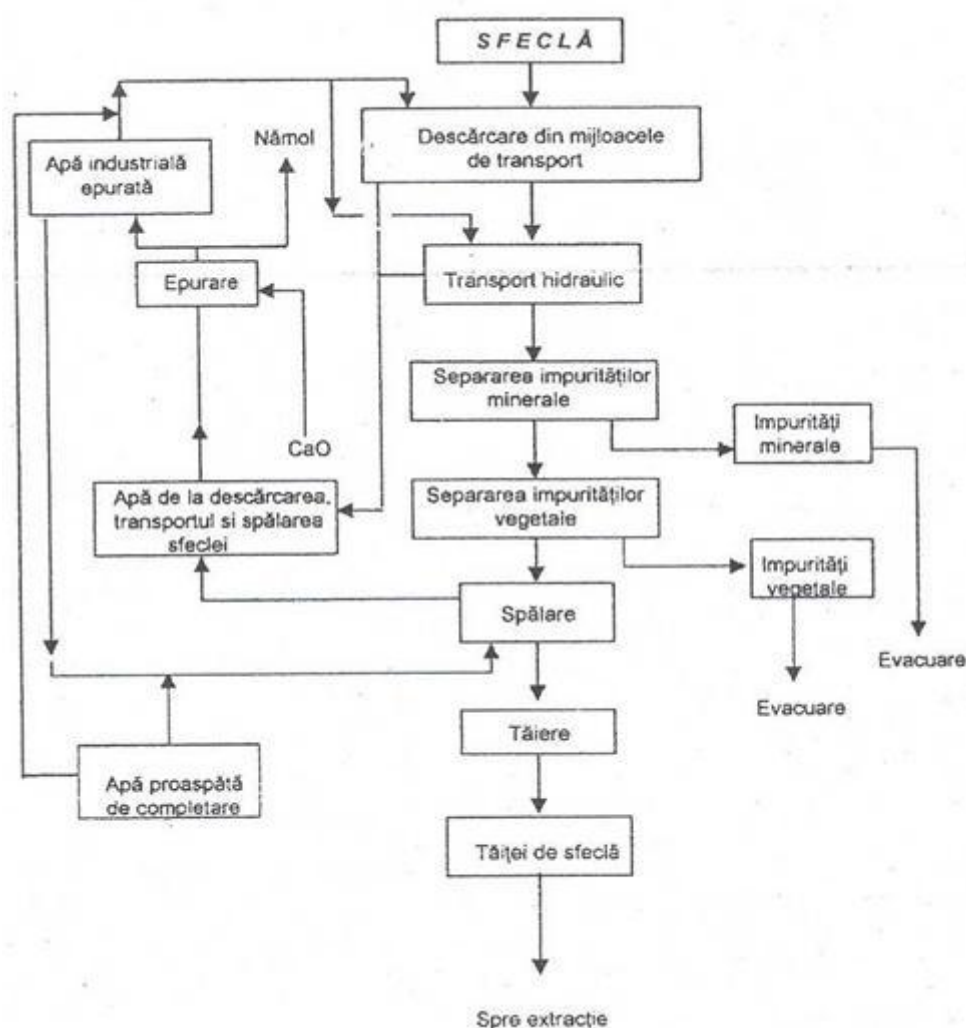


Fig. 9.5. Schema tehnologica de descarcare, transport hidraulic, separarea de impuritati si spalare a sfeclei

Descarcarea sfeclei din mijloacele de transport. După analiza, sfecla care îndeplinește indicatorii de calitate din contractul încheiat între fabrică și cultivatori este recepționată de fabrică, adică este acceptată

plata contravalorii sale. Sfecla recepționată este descărcată în silozurile fabricii, pe platformele fabricii sau pe platformele bazelor de recepție. Pentru descărcare se utilizează două procedee și anume:

-*descărcarea mecanică*, realizată prin bascularea mijloacelor de descărcare, ceea ce determină alunecarea rădăcinilor de sfeclă și caderea sa. Această operație mai poartă denumirea și de „descărcare uscată”, pentru că se realizează fără a utiliza forța pe care o creează un curent de apă;

-*descarcarea hidraulic*, realizata cu ajutorul unui curent de apa de o anumita presiune, care loveste sfecla, antrenand-o in cadere. Aceasta reprezinta „descarcarea umeda”, pentru ca utilizeaza forta creata de un curent de apa.

Descarcarea sfeclei destinate prelucrării imediate, în vederea extragerii zaharului, se poate realiza atât mecanic cât și hidraulic. Descarcarea umeda sau hidraulica a sfeclei se efectueaza direct în canalul hidraulic destinat transportului sfeclei până la peretele hălei de fabricație.

Descarcarea mecanica sau uscata a sfeclei de zahar. Descarcarea sfeclei de zahar destinata depozitarii și pastrării în curtea fabricii sau în bazele de recepție a sfeclei trebuie efectuată numai prin procedee mecanice, care sunt procedeele uscate. Pentru descarcarea uscată a sfeclei în curtea fabricii de zahar sunt utilizate trei procedee și anume:

-*bascularea cuvei mijlocului de transport* încărcat cu sfecla, utilizându-se sistemul propriu de basculare frontală sau laterală. Acest sistem se utilizează în cazul descărcării sfeclei din mijloacele de transport auto ca, de exemplu, autocamioane și remorci prevăzute cu sistem propriu de basculare;

-*inclinarea mijlocului de transport* încărcat cu sfecla cu ajutorul unor platforme basculante fixe sau mobile numite „basculatoare”, care sunt acționate hidraulic. Acest sistem se utilizează în cazul descărcării sfeclei din mijloacele de transport auto ca. De exemplu, autocamioanele și remorci, care nu sunt prevăzute cu sistem propriu de basculare;

-*descarcarea cu podul „Portal”*, sistem de descărcare utilizat în prezent numai în unele fabrici de zahar și numai pentru descărcarea sfeclei din mijloacele de transport de cale ferată. Sistemul nu se utilizează în bazele de recepție.

Descarcarea sfeclei se face astfel:

-în curtea fabricii; pentru mijloacele de transport care nu sunt prevăzute cu sistem de basculare se realizează atât cu platforme basculante fixe cât și mobile;

-în bazele de recepție; pentru mijloacele de transport care nu sunt prevăzute cu sistem de basculare se realizează numai cu platforme basculante mobile, dotarea bazelor de recepție cu platforme fixe nefiind economică și rațională.

Pentru descărcarea uscată a sfeclei, vehiculul încărcat cu sfecla basculează cuva sau este inclinat cu ajutorul platformelor basculante fixe. Sfecla cade pe o bandă transportoare sau pe un sistem de benzi transportoare care o dirijează la un sistem mecanic de îndepărtare a pământului aderent și a impurităților mecanice. Sfecla astfel curățată de pământ este transportată și depozitată în silozurile de zi ale fabricii. Pentru descărcarea uscată a sfeclei în bazele de recepție sunt utilizate două procedee și anume:

-bascularea cuvei mijlocului de transport încărcat cu sfecla, utilizându-se sistemul propriu de basculare frontală sau laterală;

-inclinarea mijlocului de transport incrcat cu sfecla cu ajutorul unor platforme basculante mobile, care sunt autopropulsate, actionate hidraulic si prevazute cu sistem de curatire de pamant si cu benzi transportoare pentri aranjarea in stive de depozitare.

Sfecla descarcata pe cale uscata, prin basculare, prin inclinarea vehiculului sau cu podul „Portal” cade pe o banda transportoare si, cu ajutorul unui sistem de benzi transportoare, este dirijata la un sistem mecanic deindepartare a pamantului aderent si a impuritatilelor mecanice si apoi este transportata si depozitata in silozurile de zi ale fabricii.

Platformele basculatoare mobile sunt prevazute cu sistem propriu de curatire de pamant.

Descarcarea hidraulica sau umeda a sfeclei de zahar. Descarcarea sfeclei destinate prelucrarii imediate, in vederea extragerii zaharului, se poate realiza atat mecanic cat si hidraulic. Descarcarea hidraulica sau umeda a sfeclei se efectueaza direct in canalul hidraulic destinat transportului sfeclei pana la peretele halei de fabricatie. Acest mod de descarcare a sfeclei din mijloacele de transport consta in conducerea vehiculului incarcat cu sfecla sub un dispozitiv de constructie speciala al carui jet de apa sub presiune de 4 bar poate fi indepartat in orice punct al vehiculului.

Depozitarea de scurta durata a sfeclei in silozurile de zi ale fabricii. In silozurile de zi trebuie sa se depoziteze cantitatea de sfecla necesara asigurarii alimentarii ritmice si la capacitatea fabricii, timp de 2 – 3 zile. Sfecla depozitata in aceste silozuri trebuie sa indeplineasca urmatoarele conditii de calitate:

- sa fie proaspat recoltata, sanatoasa si turgescenta;
- sa nu contina impuritati minerale si vegetale si sa fie corect decoletata.

Silozurile de zi ale fabricii sunt constructii din beton de mare capacitate, sub forma celulara, cu peretii laterali fara acoperis si pardoseala sub forma de plan inclinat care poate asigura alunecarea sfeclei de la margini spre centrul celulei. Prin centru, longitudinal, celula este strabatuta de un sant acoperit cu gratare metalice, numit „canal hidraulic”, prin care circula apa si care, continuandu-se cu canalul hidraulic general al fabricii, serveste la transportul hidraulic al sfeclei spre fabrica. Pentru ca sfecla sa poata patrunde in interiorul canalului hidraulic, gratarele metalice se indeparteaza pe masura ce se avanseaza in masa gramezii de sfecla depozitata.

In exploatarea silozurilor de zi ale fabricii trebuie sa se urmareasca:

- respectarea riguroasa a succesiunii umplerii si evacuarii sfeclei din fiecare celula a silozului de zi al fabricii;
- evitarea cresterii nivelului si deversarii apei in celula in care se afla depozitata sfecla. Canalele hidraulice din fiecare celula a silozului de zi trebuie acoperite cu gratare si golite de apa inaintea introducerii sfeclei pentru depozitare.

Transportul sfeclei pana la peretele exterior al halei de fabricatie. Sfecla descarcata pe cale umeda si sfecla din silozurile de zi ale fabricii se transporta pana la peretele exterior al halei de fabricatie folosind un curent de apaa care circula printr-un canal de forma speciala numit „canal hidraulic”. Acest mod de transport al sfeclei este denumit „ transport hidraulic”. Sfecla poate fi transportata cu apa, deoarece are masa specifica de 1,05 – 1,08, corespunzatoare apei care contine suspensii fine.

Apa utilizata pentru transportul hidraulic al sfeclei are un circuit inchis si este sistematic purificata prin separarea prin decantare a impuritatilor grosiere antrenate din masa sfeclei transportate. In decantoare, apa trebuie permanent alcalinizata si clorinata sau tratata cu substante biocide. Temperatura apei de transport hidraulic al sfeclei trebuie sa fie de 15 20°C. Cantitatea de apa utilizata la transportul hidraulic este de 650 – 700 kg sfecla. Viteza de circulatie a apei in canalul hidraulic este de 0,6 – 0,7 m / s. Pe acest traseu sunt montate utilaje care permit indepartarea impuritatilor minerale si vegetale, precum si un dozator care asigura constanta debitului care alimenteaza sistemul de ridicare a sfeclei la masinile de spalare. In tabelul 9.29. sunt prezentate date practice privind pierderile de zahar la transportul hidraulic si la spalarea sfeclei de zahar, iar in tabelul 9.30. se prezinta cantitatea de apa absorbita de radacinile de sfecla de zahar la transportul hidraulic si la spalare.

Tabelul 9.29

Pierderile de zahar la transportul hidraulic si la spalarea sfeclei de zahar

Gradul de vatamare a sfeclei	Suprafata exterioara Vatamata, %	Pierderi de zahar in timpul transportului hidraulic si al spalarii sfeclei, mg / 100 <i>cm</i>³	Pierderi de zahar la radacinile cu masa de 300 g/bucata, %	Pierderi de zahar la radacinile cu masa de 500 g/bucata, %	Pierderi de zahar la radacinile cu masa de 700 g/bucata, %
Sfecla putin vatamata	10	7,6	0,08	0,07	0,06
Sfecla mediu vatamata	30	14,8	0,15	0,13	0,11
Sfecla puternic vatamata	50	22,0	0,23	0,20	0,17

Tabelul 9.30

Canitatea de apa absorbita de radacinile de sfecla de zahar la transportul hidraulic si la spalare

Starea radacinilor de sfecla de zahar	Masa unei radacini, g / bucata	Masa de apa absorbita de sfecla, %
Sfecla sanatoasa, neranita, decoletata	250	1,75
	350	1,45
	500	1,20
	750	1,05
	1000	0,92
Sfecla deshidratata	400	1,92
Sfecla cu suprafata vatamata in proportie de 60%	550	1,96
Sfecla mucegaita	525	2,46
Sfecla inghetata – dezghetata	450	1,88
Sfecla cu inceput de putrefactie	450	1,93

Indepartarea impuritatilor din masa sfeclei de zahar. Impuritatile care sunt atrenate de radacinile de sfecla de zahar sunt urmatoarele:

-impuritati organice, adica: radacini de sfecla furajera cu masa mai mica de 0,1 kg, radacini lignificate, puternic deteriorate, bolnave, radacini de sfecla furajera, de sfecla de distilerie, de sfecla rosie, de sfecla salbatica, radacini nedecoletate, frunze verzi sau uscate de sfecla de zahar, radacini laterale si capetele altor plante radacinoase, alte frunze verzi sau uscate, curpeni, paie, tulpini; buruieni, bucati de lemn;

-impuritati minerale ca, de exemplu: pamant, nisip, pietre, bucati de caramida, zgura, metale vechi, sarma etc.

Pentru asigurarea eficientei functionarii fabricii de zahar se impune curatirea sfeclei de impuritati in camp, incarcarea in mijloacele de transport si transportarea la fabrica a sfeclei fara impuritati.

In figura 9.6 este reprezentata instalatia Maguin de separare a impuritatilor minerale si vegetale din sfecla de zahar.

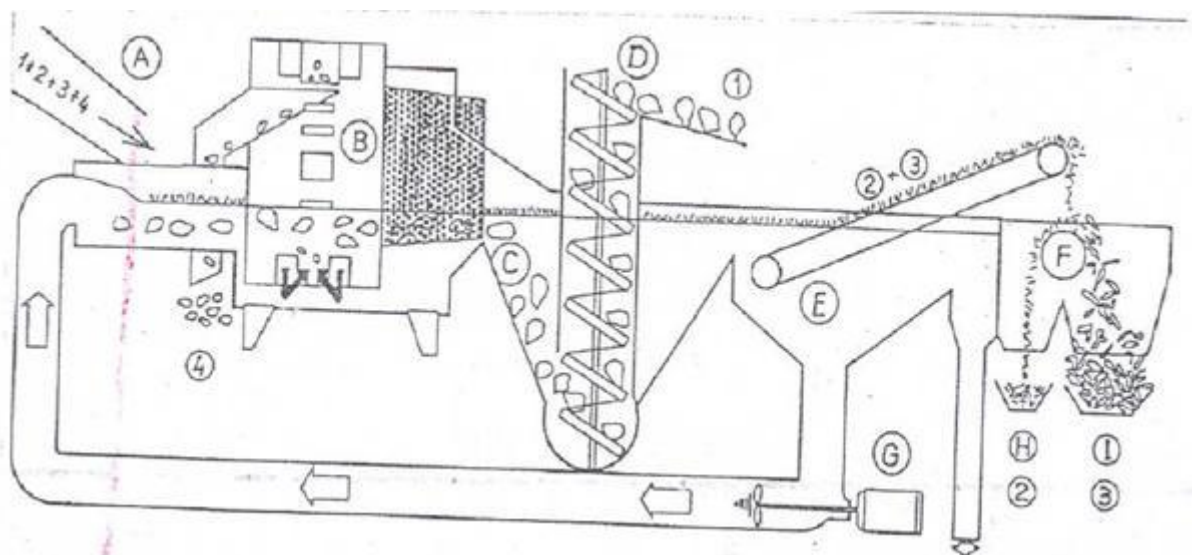


Fig .9.6. Instalata Maguin de separare a impuritatilor minerale si vegetale din masa de sfecla de zahar:

1- sfecla de zahar; 2-impuritati vegetale; (buruieni, ierburi, coceni, frunze etc.); 3-radicele; 4-pietre; A-alimentare cu sfecla; B-tambur separator de pietre; C-compartmentul elicei; D-transportor elicoidal; E-separator de impuritati vegetale; F-selector balistic; G-circulator de apa; H-transportor de impuritati vegetale; I-transportor de radicele.

Ridicarea sfeclei la masina de spalat. Datorita construirii canalului hidraulic cu o anumita panta, care trebuie sa asigure curgerea libera a amestecului de apa de transport si de sfecla; adancimea canalului hidraulic creste in functie de lungimea sa si numarul coturilor existente in intregul traseu de transport hidraulic al sfeclei.

Se creeaza, astfel, o mare diferenta intre nivelul sfeclei din canalul hidraulic, care este in exteriorul halei de fabricatie, si masina de spalat sfecla, care este arimul utilaj principal din hala de fabricatie si care, de obicei, este montata la cota $\pm 7m$.

Pentru introducerea sfeclei in hala de fabricatie se utilizeaza doua sisteme specifice, care permit ridicarea sfeclei din canalul hidraulic pana la nivelul de alimentare a masinii de spalat. Aceste doua sisteme sunt:

- roata elevatoare;
- pompa de sfecla.

Spalarea sfeclei. Este operatia care urmareste si asigura:

-*indepartarea impuritatilor aderente pe suprafata sfeclei* ca, de exemplu: pamant, nisip, argila;

- *indepartarea impuritatilor aderente in masa de sfecla* si transportate de apa o data cu sfecla, impuritati care nu au fost eliminate in fazele anterioare, la separatoarele de pietre si

de impuritati vegetale. Acestea sunt: noroi, nisip, pietre de mici dimensiuni, paie, frunze, radacinile altor plante, resturi de coceni, sarma etc.

Cantitatea de apa utilizata la spalarea sfeclei este de 40 kg / 100 kg sfecla.

Amplasarea masinii de spalat sfecla se face astfel:

- in hala de fabricatie, la extremitatea care este in vecinatatea punctului terminal al canalului hidraulic;

- intr-o incapere alaturata, separata printr-un perete de sticla de hala de fabricatie, pentru a se urmari in permanenta functionarea masinii;

- intr-o cladire separata, amplasata la distanta de hala de fabricatie si care este legata de acesta printr-o pasarela care este montat transportorul de sfecla.

Sfecla spalata este clatita, in scopul dezinfectarii epidermei radacinii, cu:

- apa clorinata, care contine circa 20 mg clor la 1l apa;

- sau biocid cu activitate la rece, in doza de 2 – 6 ppm.

In figura 9.7 se prezinta instalatia Maguin de spalare a sfeclei de zahar, cu alimentare uscata sau hidraulica a sfeclei.

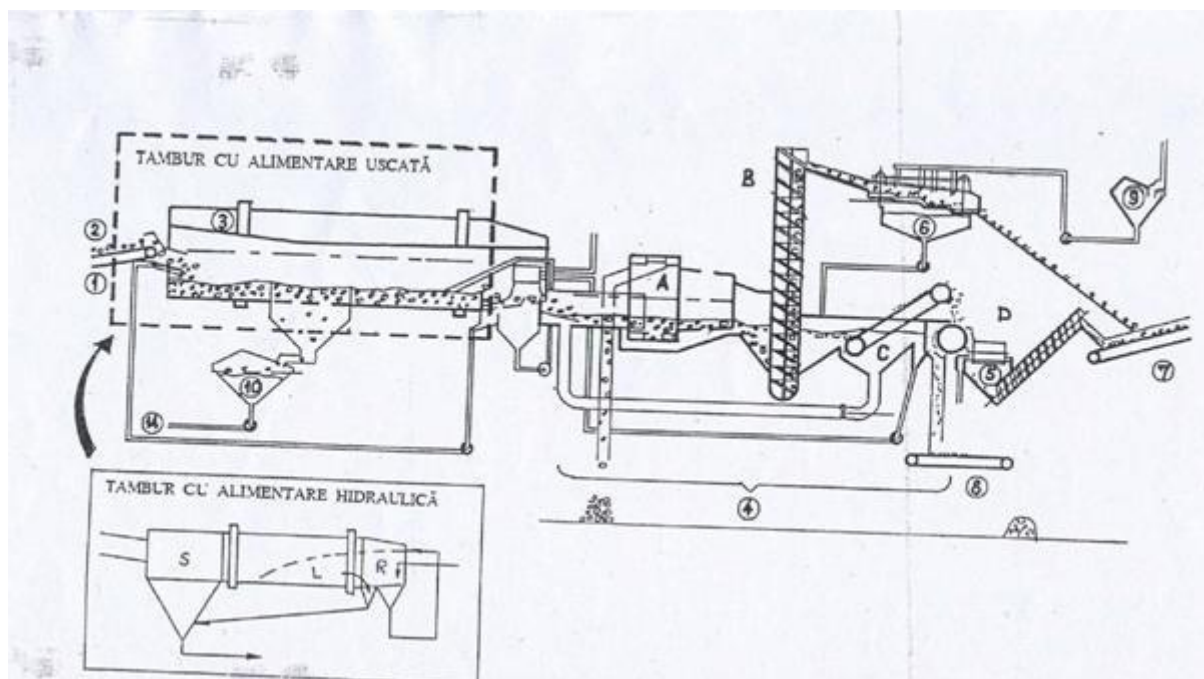


Fig. 9.7. Instalatia Maguin pentru spalarea sfeclei dezahar cu alimentarea uscata sau hidraulica a sfeclei:

1 – transportor de sfecla spre spalare; 2 – sfecla nespalata (sfecla, pamant, pietre mici, ierburi etc.); 3 – tambur de spalare; 4 – separator hidraulic de pietre si ierburi; 5 – separator

prin flotatie, cu elice, a radicelelor; 6 – spalator final; 7- transportor de sfeclă spalată; 8 – transportor de ierburi; 9 – filtrare apă curată; 10 – filtrare apă murdă; 11 – transportor de apă murdă spre bazin; A – separator de pietre; B – elice transportoare; C – separator de ierburi; D – separator dinamic.

Principalele performanțe ale liniei Maguin de spălare a sfeclii de zahăr cu alimentare uscată sunt:

- reziduul final: 0,2 %, față de 20 % conținut inițial de impurități;
- pierderi de zahăr: $\leq 0,1 \%$;
- puterea consumată: $\approx 1,4 \text{ kW} / \text{t sfeclă} / \text{h}$;
- volumul de apă circulat: $\leq 0,75 \text{ l} / \text{kg sfeclă}$.

În fig. 9.8 este reprezentat spalatorul final de sfeclă de zahăr produs de firma Maguin din Franța.

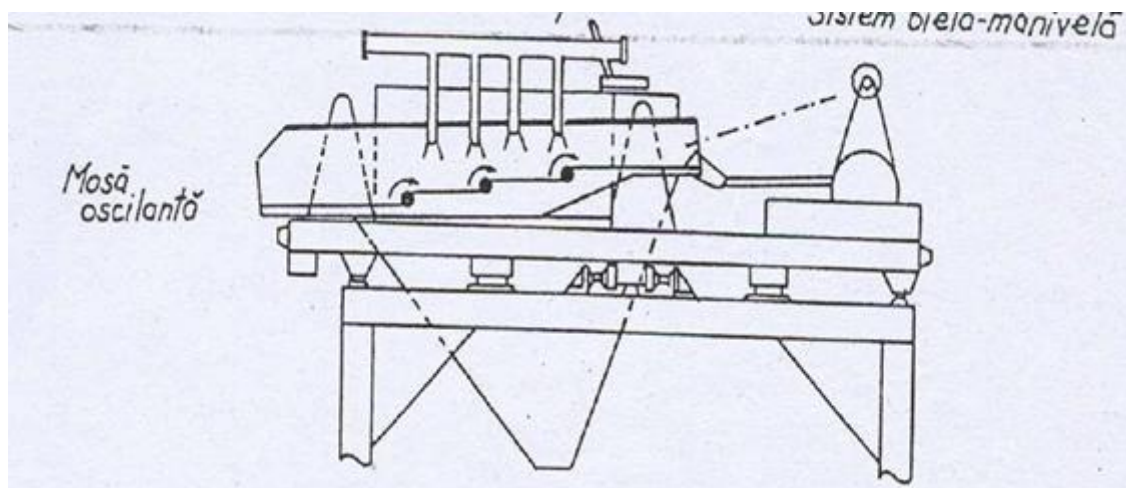


Fig.9.8. Spalatorul final de sfeclă de zahăr.

Principalele dimensiuni și performanțe ale aparatului sunt:

- debitul: 1 000 – 10 000 t sfeclă /24 h;
- lățimea mesei de spălare finală: 1 000 - 3 000 mm;
- lungimea mesei de spălare: 5 000 – 8 000 mm;
- numărul de role: 3 sau 5 bucăți;
- presiunea apei de spălare: 15 bar.

Incarcarea microbiologica a apelor de transport hidraulic si de spalare a sfeclei de zahar. In general, apele de foraj preluate de fabricile de zahar din propriile puturi de mare adancime au o incarcatura microbiologica redusa si neglijabila, care se poate incadra in limitele curpinse intre 1 si 10 celule de microorganisme / 1 ml. Apele de suprafata preluate de fabricile de zahar din rauri riverane, in general, au o incarcatura microbiologica mai ridicata si anume de $1 \cdot 10^3$ - $1 \cdot 10^4$ germeni / 1 ml.

Numarul bacteriilor din apele de transport hidraulic si de spalare a sfeclei este:

- $12 \cdot 10^7$ si $45 \cdot 10^7$ bacterii mezofile / 1 ml;

- $2 \cdot 10^4$ si $9 \cdot 10^4$ bacterii termofile / 1 ml.

Clatirea si dezinfectarea cu clor sau cu produse biocide a sfeclei spalate determina reducerea incarcaturii microbiene la circa 10 % din valoarea initiala.

Clorurarea pana la 5 mg Cl_2 / 1 l apa sau tratarea cu biocid a apei de spalare a sfeclei contribuie la realizarea unei dezinfectari avansate.

Transportul si ridicarea sfeclei spalate la buncarul masinilor de spalare. Sfecla spalata este transportata si ridicata la buncarul masinilor de taiat. Pentru realizarea acestei operatii, in functie de distanta la care este amplasata masina de spalare a sfeclei, se utilizeaza in mod frecvent:

-elevatorul de sfecla, atunci cand masina de spalare a sfeclei este montata in hala de fabricatie sau intr-o hala vecina;

-un sistem de benzi transportoare inclinate, atunci cand masina de spalare a sfeclei este montata intr-o hala amplasata la distanta. In niciun caz nu este rational sa se utilizeze transportoare metalice tip „grebla”, deoarece acestea ranesc sfecla, distrug epiderma radacinii si chiar pot rupe radacina in bucati.

Dezinfectarea sfeclei spalate. Sfecla spalata trebuie dezinfectata cu biocizi, substante care au rol in mentinerea starii microbiologice normale pana la difuzie.

S-a constatat ca, daca dupa spalare, sfecla este pulverizata cu un strat foarte fin de biocid special, cu actiune la rece, se previn infectiile microbiene in buncarul de deasupra masinii de taiat si infectiile microbiene care se pot produce la fibra vegetala sau la pulpa de sfecla retinuta de cutitele masinii de taiat.

9. 10. 2. 5. Deteriorarea radacinilor de sfecla de zahar in timpul operatiilor preliminare

In timpul incarcarii – descarcarii, al transportului si al operatiilor preliminare procesului tehnologic propriu – zis, sfecla de zahar este ranita. Se rup radacinile subtiri, se rup coditele si se formeaza „spaturile de sfecla”. In acelasi timp, suprafata exterioara a radacinii sfeclei se deterioreaza. De aceea. In timpul transportului hidraulic si al spalarii sfeclei se produc

pierderi de zahar si de masa. Pulpa sparta, coditele si bucatile marunte de sfecla sunt transportate cu apa separata de la transportul hidraulic si de la masinile de spalat sfecla. Coditele si bucatile rupte din masa radacinilor de sfecla au un continut de impuritati de circa 40 – 60 % si, deoarece contin suc celular cu puritatea de 65- 70 %, nu pot fi prelucrate mai departe impreuna cu masa sfeclei. Dupa indepartarea totala a impuritatilor, masacoditelor si a bucatilor rupte din radacina propriu-zisa a sfeclei reprezinta 1 – 2 kg / 100 kg sfecla, contine 9 – 12 % zaharoza si are suc celular cu puritatea de 82 – 84 %.

9. 10. 2. 6. Pierderile de zahar in timpul operatiilor preliminare procesului tehnologic

Im timpul operatiilor hidraulice si anume descarcarea hidraulica, transportul hidraulic si spalarea sfeclei se produc *pierderi de masa si de zahar*, cu atat mai mult cu cat radacinile sunt taiate, rupte sau cu rani. Pierderile de zahar din sfecla de zahar in timpul descarcarii hidraulice, transportului hidraulic si spalarii au urmatoarele valori:

- dupa Claassen*: 0,1 – 0,3 kg / 100 kg sfecla;
- dupa Afanasenko*: 0,15 kg / 100 kg sfecla;
- dupa Nowakovski*: 0,1 kg / 100 kg sfecla;
- dupa Godwod*: 0,27 kg / 100 kg sfecla;
- dupa Institutul de Cercetari al Zaharului din Varsovia, Polonia*: 0,185 kg / 100 kg sfecla;
- dupa experienta Fabricii de zahar din Giurgiu si a Fabricii de zahar din Targu Mures, Romania*: 0,2 kg / 100 kg sfecla;
- dupa rezultatele Institutului de Chimie Alimentara, Bucuresti*: 0,2 – 0,4 kg / 100 kg sfecla.

La transportul hidraulic si la spalarea sfeclei cu inceput de putrefactie, sau dezghetata dupa inghet, pierderile de zahar sunt mai mari si anume: 0,30 – 0,60 kg / 100 kg sfecla.

In general pierderile de zahar de la recoltare pana la prelucrare se pot delimita astfel:

- pierderi de zahar in timpul transportului, incarcarii si descarcarii*: 0,35 kg / 100 kg sfecla
- pierderi de zahar in perioada de depozitare si pastrare a sfeclei timp de 20 – 22 zile, in conditii normale de clima*: ;
- pierderi de zahar din cauza separarii coditelor*: 0,1 kg / 100 kg sfecla ;
- pierderi dezahar in apele de transport hidraulic – spalare*: 0,20 kg / 100 kg sfecla;

TOTAL PIERDERI DE ZAHAR: 1,85 kg / 100 kg sfecla.

9. 10. 2. 7. Diferenta dintre continutul de zahar al sfeclei si al taiteilor

In practica fabricilor de zahar se constata, in permanenta, o diferenta intre continutul de zahar al sfeclei receptionate si al taiteilor de pe banda transportoare care alimenteaza difuzia. Trei cauze principale determina diferenta si anume:

- pierderea de zahar si de masa la descarcarea hidraulica, transportul hidraulic si spalarea sfeclei;

- imbibarea sfeclei cu apa;

- impuritatile minerale si vegetale ramase in masa sfeclei dupa spalare.

In timpul descarcarii hidraulice, transportului hidraulic si spalarii, *sfecla sufera doua fenomene* si anume:

- se imbiba cu apa de transport hidraulic – spalare*. Cantitatea de apa de imbibare este mai mare in timpul perioadelor secetoase decat in timpul perioadelor umede;

- suprafata exterioara a radacinii sfeclei se umezeste* si, oricat de bine ar fi apoi sfecla scuturata, suprafata saramane umeda.

Cantitatea totala de apa cu care se imbiba sfecla sau se umezeste suprafata sa exterioara are valoarea de 1,0 – 2,0 kg / 100 kg sfecla.

Curatirea sfeclei de pamant si impuritati vegetale nu este niciodata completa. Chiar daca utilajele care au rol in curatirea sfeclei functioneaza bine, in sfecla raman 0,2 – 0,5 kg impuritati minerale si vegetale / 100 kg sfecla.

Impuritatile minerale sunt reprezentate de pamant si nisip ramase in special in firisorii absorbanti din santurile zaharate, iar impuritatile vegetale sunt, in special, frunze mici care nu au fost indepartate la decoletare.

Din cauza pierderilor de zahar in apa de transport – spalare, a imbibarii radacinilor cu apa si a indepartarii incomplete a impuritatilor, taiteii au in conditii normale continutul de zahar mai mic decat al sfeclei la receptie, cu 0,4 – 0,5 kg zahar / 100 kg sfecla.

In conditii anormale, aceasta diferenta ar putea fi si mai mare. Astfel, la sfecla dezghetata dupa inghet, la sfecla putrezita datorita pastrarii cu impuritati, in special vegetale, la sfecla puternic deshidratata, la sfecla lasata mai multe zile in pamant dupa decoletare etc., diferenta dintre continutul de zahar al taiteilor de pe banda transportoare la difuzie si continutul de zahar al sfeclei la receptie poate fi de 0,8 – 1,2 kg zahar / 100 kg sfecla.

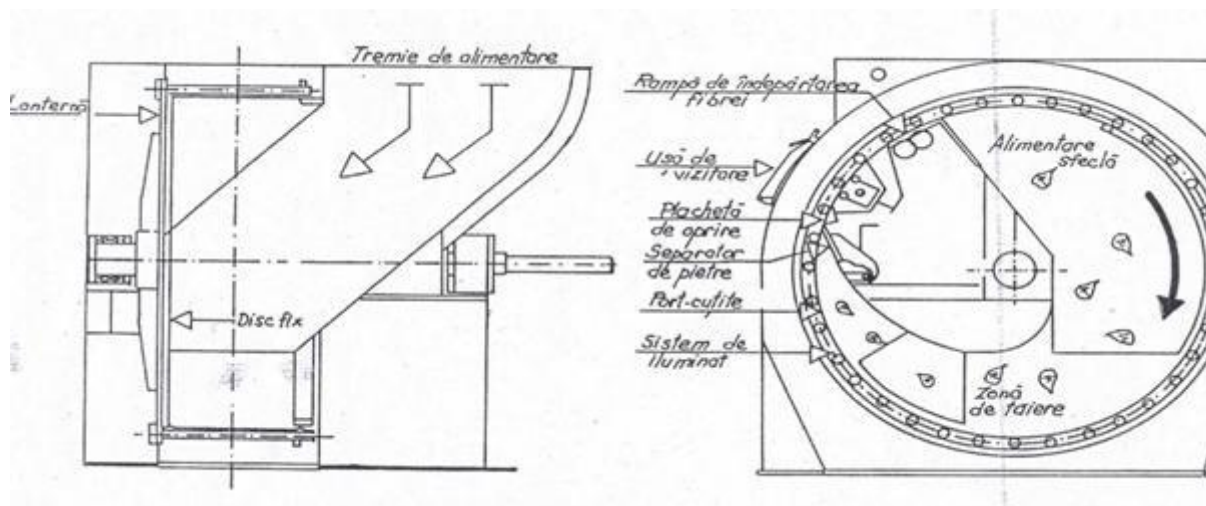
In concluzie, datorita pierderilor de zahar, imbibarii sfeclei cu apa si neindepartarii complete a impuritatilor minerale si vegetale, intre sfecla de zahar proaspat recoltata si taiteii de sfecla de pe band transportoare la difuzie pot aparea diferente de ordinul 2,25 –

2,35 kg zahar / 100 kg sfecla, maxime de pana la a 2,65 – 3, 05 kg zahar / 100 kg sfecla si chiar mai mult.

9. 10. 2. 8. Taierea sfeclei si obtinerea taiteilor de sfecla

Pentru ca extragerea zaharului din sfecla de zahar sa se faca cat mai rapid si mai complet, sfecla se taie in taitei, operatia realizandu-se cu masini speciale de taiat dotate cu cutite adecvate.

In fig. 9.9 este reprezentata masina Maguin de taiat sfecla.



Principalele caracteristici constructive si functionale ale timpurilor de masini de taiat sfecla, produse de firma Maguin, sunt redade in tabelul 9.31.

Tabelul 9.31

Principalele caracteristici ale masinilor Maguin de taiat sfecla de zahar

Tipul masinii Maguin de taiat sfecla de zahar	Capacitatea de taiere tone sfecla / 24 h	Numarul fronturilor de taiere	Inaltimea mm	Dimensiunile vederii in plan mm
C.R.T.1 600.600.48	Pana la 5000	48	2 035	3 415 · 2 625
C.R.T.2 600.600.60	Pana la 8000	60	2 435	3 870 · 2 860
C.R.T.1 600.600.32	Pana la 3000	32	2 035	3 415 · 2 625
C.R.T.2 600.600.40	Pana la 4000	40	2 435	3 870 · 2 860
C.R.T.2 600.600.40	Pana la 4000	40	2 435	3 870 · 2 755

9.10.3. Cantarirea taiteilor de sfecla de zahar

Inaintea introducerii in instalatia de extractie, taiteii de sfecla sunt cantariti cu ajutorul unui cantar automat montat sub banda care transporta taiteii de la masina de taiat. Cantarul

automat pentru taitei trebuie verificat foarte des, pentru a se evita inregistrările eronate în gestiunea fabricii. Cantarele automate timp banda se verifică prin controlul lor la mersul în gol, prin cântărirea unei anumite cantități de taitei de sfeclă de zahăr sau a unor greutăți de masă cunoscută. Limitele erorilor la indicațiile cântarului timp banda trebuie să corespundă normelor metrologice.

9.10.4. Extractia zaharului

Extractia zaharului din sfeclă de zahăr tăiată sub formă de taitei se realizează în difuzie contracurent, mediul de extracție fiind apă caldă, acidulată la pH de 5,8 – 6,2.

Difuzia este un fenomen fizic prin care moleculele substanțelor dizolvate trec libere în acea parte a soluției în care concentrația lor este mai scăzută, până ce în întreaga soluție repartizarea lor devine uniformă.

În sfeclă de zahăr, zahărul se află dizolvat în suc celular din *vacuola* aflată în mijlocul celulelor țesutului radacini. Trecerea moleculelor de zahăr prin membrana celulelor în mediul înconjurător este, în mod normal, împiedicată de *masa protoplasmatică* marginată de o *peliculă ectoplasmatică* semipermeabilă ce înconjoară vacuola. La o temperatură mai mare de 70°C, peliculă ectoplasmatică este distrusă, protoplasma este coagulată și distrusă, suc celular ia locul protoplasmei și, ajungând în contact cu membrana permeabilă a celulei, trece în mediul înconjurător printr-un proces clasic de difuzie. Denaturarea protoplasmei celulei la temperatura ridicată se numește *plasmoliza* și joacă un rol important în procesul de extracție a zahărului din sfeclă.

Extractia zaharului din sfeclă este, deci, operația care asigură condițiile optime de desfășurare a celorlalte operații din procesul tehnologic de prelucrare a sfeclei, deoarece:

- de cantitatea de zahăr extrasă prin difuzie din taitei de sfeclă depinde randamentul de zahăr cristal al fabricii;

- de puritatea zemii de difuzie obținute depinde modul de desfășurare a procesului tehnologic în fazele ulterioare și anume: la purificarea calco – carbonică; la concentrarea zemii subțiri prin vaporizare; la fierbere și cristalizare; la centrifugare; la epuizarea melasei prin tratare și cristalizare suplimentară prin racire;

- de modul în care se desfășoară întregul proces tehnologic depind pierderile de zahăr și calitatea zahărului cristal obținut.

Extractia zaharului din sfeclă este un proces complex de transfer de masă care trebuie analizat din următoarele puncte de vedere:

- compoziția chimică a sfeclei de zahăr și a zemii de difuzie, procesele de denaturare a unor grupe de nezahăr, a extractibilității și a gradului de difuzie a nezahărului din taitei de sfeclă în zeama de difuzie;
- cinetica procesului de transfer de masă, viteza extracției zahărului prin difuzie și condițiile practice în care se obține zeama de difuzie;

- analiza factorilor care influenteaza extractia zaharului si epuizarea borhotului;
- influenta calitatii tesutului sfeclei de zahar asupra coeficientului de difuzie a zaharului si a principalelor grupe de nezahar;
- influenta calitatii apei de difuzie asupra procesului de extractie a zaharului si a nezaharului;
- influenta microorganismelor asupra procesului de extractie a zaharului prin difuzie, prevenirea si combaterea activitatii microbiologice la extractie;
- principiul constructiv si functional al instalatiilor de extractie prin difuzie folosite in industrie;
- consumul de energie termica si posibilitatile de diminuare a acestuia.

9.10.4.1. Principiile teoretice ale procesului de extractie prin difuzie a zaharului din taiteii de sfecla

Extractia zaharului din taiteii de sfecla este un proces complex, care se realizeaza concomitent cu extractia nezaharului si care este definit de viteza de extractie, ale carei ecuatii sunt:

a) pentru extractia zaharului:

$$n = - \frac{dZ}{A \cdot dt} = - \frac{1}{s} \cdot \frac{dg}{dt} \quad (9.21 \text{ a})$$

b) pentru extractia nezaharului:

$$n' = - \frac{dN_z}{A \cdot dt} = - \frac{1}{s} \cdot \frac{dg'}{dt} \quad (9.21 \text{ b})$$

in care: n si n' sunt fluxurile de zahar si de nezahar; Z si Nz - cantitatile de zahar si nezahar din sfecla prelucrata in intervalul timpului de extractie, t, in kg; A - suprafata de contact solid-lichid, adica suprafata de contact taitei de sfecla: apa de extractie, in m²; s - suprafata de contact pe unitatea de masa de sfecla, in m² / kg; f - timpul de extractie, in minute; g si d - concentratia zaharului si a nezaharului din sfecla, in kg/100 kg sfecla.

Viteza de extractie a zaharului din sfecla se exprima in raport cu procesul de migrare, spre si in mediul de extractie a zaharului din sfecla, considerat factor determinant.

Din punct de vedere matematic, procesul de difuzie este descris de legea lui Fick, a carei ecuație este:

$$dq_c/dr = D \cdot A \cdot (dc/dr)$$

sau (9.22)

$$q_c = D \cdot A \cdot (c_k - c_s) \cdot t_s$$

in care: dq_c / dt este viteza de difuzie a zaharului din taiteii de sfecla in apa de extractie; q_c - cantitatea de zahar difuzat in unitatea de timp; D - coeficientul de difuzie a zaharului din tesutul taiteilor de sfecla in apa de extractie; A - suprafata de contact solid-lichid, adica suprafata de contact taitei de sfecla: apa de extractie, in m^2 ; c_k - continutul de zahar din taiteii de sfecla, in %; c_s - continutul de zahar din lichidul care inconjoara taiteii de sfecla in timpul procesului de extractie a zaharului prin difuzie in apa, in %; s - drumul minim de difuzie a zaharului, care se considera 1/4 din grosimea taiteilor; f - timpul de extractie, in minute. Einstein a demonstrat ca:

$$D = (K \cdot T) \cdot h$$

unde: K este coeficientul care depinde de natura solventului in care se realizeaza extractia; T - temperatura absoluta la care se realizeaza extractia, in $^{\circ}K$; h - viscozitatea dinamica a solventului la temperatura T , in cP.

Experimental s-au stabilit urmatoarele:

-coeficientul de difuzie a zaharului din tesutul taiteilor proveniti din sfecla necoapta este mai redus comparativ cu sfecla coapta;

-coeficientul de difuzie a zaharului din tesutul taiteilor proveniti din sfecla dezghetata dupa inghet este mare comparativ cu sfecla sanatoasa; .

- coeficientul de difuzie a apei in tesutul sfeclei este de $0,35 - 10^{-9} m^2 / s$.

Schliephake a stabilit valorile coeficientilor de difuzie a zaharozei din tesutul taiteilor de sfecla in solutii apoase cu concentratii ridicate de zaharoza si pentru diferite valori ale temperaturii. Valorile coeficientilor sunt date in tabelul 9.3.

Tabelul 9.3

Coefficientii de difuzie a zaharozei in solutii apoase de zaharoza la diferite valori ale temperaturii

Temperatura, °C	Coeficientul de difuzie a zaharozei D, in $10^9 \text{ m}^2/\text{s}$ in solutii cu concentratii de zaharoza de, %						
	10	20	30	40	50	60	65
20	3,73	3,18	2,63	2,08	1,53	0,98	0,71
30	4,92	4,28	3,58	2,88	2,18	1,48	1,23
40	6,53	5,64	4,69	3,77	2,85	1,93	1,47
50	8,11	7,01	5,91	4,81	3,71	3,61	2,06
60	10,50	9,13	7,76	6,39	5,02	3,65	2,96
70	13,91	12,05	10,19	8,35	6,47	4,62	3,68

9.10.4.2. Etapele practice ale procesului de extractie prin difuzie a zaharozei din taiteii de sfecla

Înainte de procesul efectiv de extracție, taiteii de sfeclă de zahăr trebuie încălziți rapid, pentru a se produce plasmoliza, adică denaturarea protoplasmei celulelor tesuturilor. După această operație urmează extracția propriu-zisă, care durează în mod normal 60 - 90 min și se desfășoară la temperatura determinată de calitatea sfeclei prelucrate.

Procesul de extracție a zaharozei din sfeclă se realizează în două etape și anume:

- etapa I, care constă în migrarea zaharozei din tesutul sfeclei către interfata solid-lichid;
- etapa a II-a, care constă în transferul de masă de la interfata solid-lichid către masa fazei lichide.

Această a doua etapă este determinată de natura curgerii lichidului care îndeplinește funcția de solvent de extracție și de diferența de concentrație dintre suc celular și concentrația solventului de extracție. De aceea, principiul constructiv și de funcționare al extractoarelor utilizate în industria zahărului asigură menținerea unei diferențe de concentrație solid-lichid și înnoirea repetată a lichidului de extracție la interfața de contact a taiteilor de sfeclă cu apa în care se realizează extracția

În concluzie, extracția zahărului din taiteii de sfeclă se realizează printr-un complex de procese fizico-chimice format din plasmoliza, difuzie, osmoza și dializa, în procesul de extracție a zahărului din taiteii de sfeclă se urmărește:

- epuizarea în zahăr a taiteilor de sfeclă;

Denumirea microorganismelor	Produsele secundare formate
Leuconostoc messenteroides	Dextran, levan, manita, acid (-) lactic, acid acetic, alcool etilic, dioxid de carbon
Aerobacter aerogenes	Acetil metil carbinol
Flavobacterium	Pigmenti galbeni
Micrococcus	Acizi organici, acid galacturonic
Streptococcus	Acid lactic
Lactobacillus	Acid lactic, acid acetic, acid propionic, alcool etilic, dioxid de carbon
Bacillus stearothermophilus	Acizi organici, amoniac, acizi zaharo-humici
Bacillus subtilis	Acizi organici, acid galacturonic, aminoacizi, amoniac, peptide inferioare
Pseudomonas	Acid ceto-qluconic
Rhyzopus nigricans	Acid fumarie, acid oxalic
Aspergillus niger	Acid citric, acizi organici
Saccharomyces cerevisiae	Alcool etilic

Pierderile de zahar datorita activitatii microorganismelor la difuzie sunt date in tabelul 9.34.

Tabelul 9.34

Pierderile de zahar datorita activitatii microorganismelor

Denumirea microorganismelor	Temperatura optima de dezvoltare, °C	Pierderi de zahar la 109 celule, mg / h
Leuconostoc messenteroides	35	2-5
Aerobacter aerogenes	35	0,1 -0,4
Flavobacterium	35	0,4
Micrococcus	35	0,3
Sreptpcoccus	35	0,1
Sacctiaromyces	35	1500 - 3000
Lactobacillus	35	3
Baciltus stearothermophilus	55	10 - 40
Bacillus subtilis	55	20-50

9.10.5. Principalele surse de infectii microbiene intr-o fabrica de zahar

Cele mai importante surse de infectii microbiologice dintr-o fabrica de zahar sunt:

- incarcarea microbiologica a sfecelei;
- apa de descarcare hidraulica - transport hidraulic - spalarea sfecelei;
- difuzorul propriu-zis;
- apa de presa recirculata in difuzor.

In afara acestora exista o multitudine de alte surse de infectii microbiene ca de exemplu: cutitele masinilor de taiat sfecla in care se acumuleaza fibra de sfecla, radacinile de sfecla cazute si lasate mult timp sub instalatiile de prelucrare, radacinile de sfecla care raman mult timp in diferite locuri inguste ale instalatiei, deversarile de zemuri si siropuri, canalele colectoare, peretii umezi ai aparatelor vacuum, ai rezervoarelor si ai halelor in care patrunde sau se produce praf de zahar, apa de la cada barometrica, siropurile diluate care adera pe suprafata interioara a rezervoarelor etc.

9.10.5.1. Incarcarea microbiologica a sfecelei

Incarcarea microbiologica a sfecelei influenteaza calitatea tehnologica a acesteia. Microorganismele pot proveni din pamantul aderent pe suprafata sfecelei si pot sa apara ca urmare a bolilor care au afectat sfecla in perioada de vegetatie, in timpul depozitarii sfecelei, chiar si pe perioade scurte, microorganismele existente se pot dezvolta sau pot aparea noi specii care ataca radacina sfecelei. Dintre microorganismele care au fost identificate pe sfecla de zahar in timpul depozitarii se pot mentiona *Mucor hiemalis* Wehm, *Rhizopus nigricans* Ehrenb, *Botrytis cinerea* Pers., *Penicillium expansum* Thjom., *Aspergillus niger* V. Tiegh, *Aspergillus glaucus* De Bary, *Aspergillus ochraceus* Wilh, *Fusarium betae* Desm Sacc., *Fusarium oxysporum* Schl., *Phoma betae* Frank., *Alternaria tenuis* Nees, *Cladosporium herbarum* Link.

9.10.5.2. Apa de descarcare hidraulica - transport hidraulic - spalare a sfecelei

Apa se recircula in circuit inchis si contine in permanenta zahar si microorganisme in stare activa. Numarul bacteriilor din apele de descarcare-transport hidraulic - spalare a sfecelei are urmatoarele valori:

- 120 - 450 milioane bacterii mezofile / ml;
- 20-90 mii bacterii termofile / ml.

9.10.5.3. Difuzorul propriu-zis

Uneori, in tot volumul sau in anumite zone ale difuzorului se creeaza conditii optime pentru dezvoltarea microorganismelor. Aceste microorganisme provin de pe taiteii de sfecla, din apa de presa recirculata si din apa proaspata. Taiteii de sfecla contin, in general, 105 - 10⁶ celule de microorganisme / g, care provin din sfecla, din solul aderent, in special din firisorii absorbanti din santurile longitudinale, si din apa de spalare aderenta pe pielita sfecelei. Printre aceste microorganisme exista:

- microorganisme mezofile, care se dezvoltă in limitele de temperatura de 5 - 50° C, cu domeniul optim cuprins intre 25 si 40° C;

- microorganisme termofile, care se dezvoltă în limitele de temperatură de 25-73° C, cu domeniul optim cuprins între 50 și 55° C.

Difuzorul tip jgheab inclinat are, la ambele capete, câte o zonă amenințată de infectare, unde temperatura este sub 60° C. Aceste două zone sunt următoarele:

- lângă fruntea extractorului, pe circa 10 % din lungimea lui, unde temperatura este de 15-45° C, iar pentru încălzirea taiteilor până la 73° C este nevoie de 10-15 min. După încălzirea la temperaturi de peste 60° C, microorganismele mezofile pier, iar în zeama rămân formele lor rezistente la căldură și microorganismele termofile;

- în celălalt capăt al difuzorului, microorganismele patrund cu apa de presă, care se recirculă în difuzor.

11.10.5.4. Apa de presă recirculată în difuzor

Este responsabilă de vehicularea unor microorganisme care acționează asupra zahărului și a altor componente ale sfeclii. Dintre microorganismele recirculate cu apa de presă se pot aminti:

- *Bacillus subtilis*, care se dezvoltă în limitele temperaturii de 20-25° C, în domeniul optim de 28-40° C. *Bacillus subtilis* necesită pentru dezvoltare mult oxigen și nu este distrus la predefecare sau la defecarea rece. Acest bacil este recunoscut pentru că transformă azotați în azotiti;

- *Bacillus stearothermophilus*, care se dezvoltă în limitele temperaturii de 37-70° C, în domeniul optim de 50-65° C. Este rezistent la temperaturi înalte. Produce acid lactic și în cantități mici acid citric;

- *Lactobacillus*, care se dezvoltă în limitele temperaturii de 28-62° C, la valoarea optimă de 35° C. Produce acid lactic;

- *Leuconostoc mesenteroides*, care se dezvoltă în limitele temperaturii de 11-43° C, în domeniul optim de 21-25° C. Produce acid lactic și capsule gelatinoase de dextran, care au rol de strat de protecție, care permite microorganismului să se dezvolte chiar și în zeturile puternic alcaline și să reziste la temperaturile cele mai ridicate din primul corp al stației de evaporatie;

- *Aerobacter aerogenes*, care nu provoacă pierderi de zahăr, dar determină degajarea unor însemnate cantități de gaze ce provoacă spumarea;

- *Bacterium pediculatum*, care produce levulanul gelatinos foarte asemănător cu dextranul, dar care rotește spre stânga planul de vibrație al luminii polarizate.

9.10.5.10. Principiile extracției zahărului în difuzorul tip DDS

Principiul general al extracției zahărului din sfeclă, valabil pentru toate extractoarele, este desfasurarea corectă a unor procese fizico - chimice de difuzie, osmoză și dializă a zahărului, care se produc după denaturarea termică a protoplasmei celulelor țesuturilor

taiteilor de sfecla. Principiul de baza al efectuării extractiei este folosirea circulației în contracurent a taiteilor și a apei, respectând diferența dintre concentrația în zahăr a taiteilor și de substanța uscată a apei de extracție pe întreaga lungime a difuzorului.

În procesul de difuzie se urmărește:

- epuizarea avansată a taiteilor în zahăr, până la valoarea polarizării borhotului presat de maximum 0,6 %;
- obținerea zemii de difuzie cu puritatea cât mai ridicată, corespunzătoare efectului de purificare la difuzie de circa 25 %.

De aceea, se impune folosirea taiteilor de calitate corespunzătoare, deoarece rezultatul procesului de difuzie depinde de suprafața de contact a taiteilor cu apa de extracție și de modul de circulație a apei prin masa de taitei.

Difuzorul DDS lucrează cu taitei reci. De aceea, imediat după introducerea taiteilor în difuzor este necesară încălzirea lor rapidă pentru a se produce denaturarea protoplasmei celulei, adică plasmoliza. După plasmoliza, procesul propriu-zis de extracție trebuie să dureze circa 70 min. în difuzorul DDS, taiteii de sfecla rămân 90-100 min, dintre care circa 10 %, adică 9-10 min, se consumă pentru încălzirea lor de la temperatura de intrare la circa 50° C. în continuare începe plasmoliza care durează alte circa 18-20 min.

Procesul propriu-zis de extracție începe abia după ce taiteii de sfecla s-au încălzit la temperaturi de peste 70° C, ceea ce se realizează la o distanță de circa 1/4 din lungimea difuzorului, adică la 5 - 6 m de la intrarea taiteilor în difuzor, zona denumită fruntea difuzorului. Pentru a se menține diferența dintre concentrațiile taiteilor și apei de difuzie, din difuzor trebuie să se extragă 110 - 115 kg zeama de difuzie /100 kg sfecla.

9.10.5.11. Principali indicatori tehnici ai difuziei

Pierderile de zahăr în timpul extracției se pot calcula cu expresia:

$$C_{EF} \quad P_{EF} = \frac{Z_{EF} \times C_{EF}}{100} \quad [\text{kg} / 100 \text{ kg sfecla}], \quad (9.24)$$

în care: ZBP este polarizarea borhotului presat, în %; - cantitatea de borhot presat, determinat din nomograma lui Muck, în kg /100 kg sfecla.

Cantitatea de zeama extrasă, sau sutirajul în greutate, se determină din expresia:

$$S = \frac{D - P_{EF}}{Z_m} \cdot 100 \quad [\text{kg} / 100 \text{ kg sfecla}],$$

unde: D este conținutul de zahăr al taiteilor proaspeți de sfecla, în %; Ptd - pierderile totale de zahăr la difuzie, în care sunt cuprinse pierderile cunoscute în borhotul presat și pierderile necunoscute, nedeterminabile sau pierderile microbiologice și enzimatic, în kg /100 kg sfecla.

Viteza de trecere a zemii prin extractor se calculeaza astfel:

$$V = \frac{S}{F \cdot (1 - L/100 \cdot d)} \text{ [m/s]}, \quad (9.25)$$

unde: S este sutirajui in unitati de volum, in m³/s; F - sectiunea transversala totala a extractorului, in m²; L - incarcarea specifica a difuzorului cu taitei de sfecla, in kg/100 l; d- masa specifica a taiteilor de sfecla.

9.10.5.12. Prepararea apei pentru extractia zaharului

Tehnologia moderna presupune utilizarea 'apei unice' pentru difuzie, cu următoarele caracteristici:

- valoarea pH-ului masurat la 20° C = 5,2 - 5,5;
- temperatura la intrarea in difuzor = circa 72° C;
- continutul de CaSO₄ sub limita de solubilitate;
- provenienta „apei unice” = amestecul urmatoarelor componente:
- intreaga cantitate de apa rezultata de la presarea borhotului;
- condens;
- apa proaspata, rece, numai daca este necesar;
- lapte de var;
- acid sulfuric.

Rolul prezentei CaSO_4 in apa de extractie este de a intari textura taiteilor dupa extractie si de a permite, astfel, presarea lor pana la un continut de substanta uscata de circa 28 %. in fig. 9.11 se prezinta schema tehnologica de preparare a apei unice pentru difuzie.

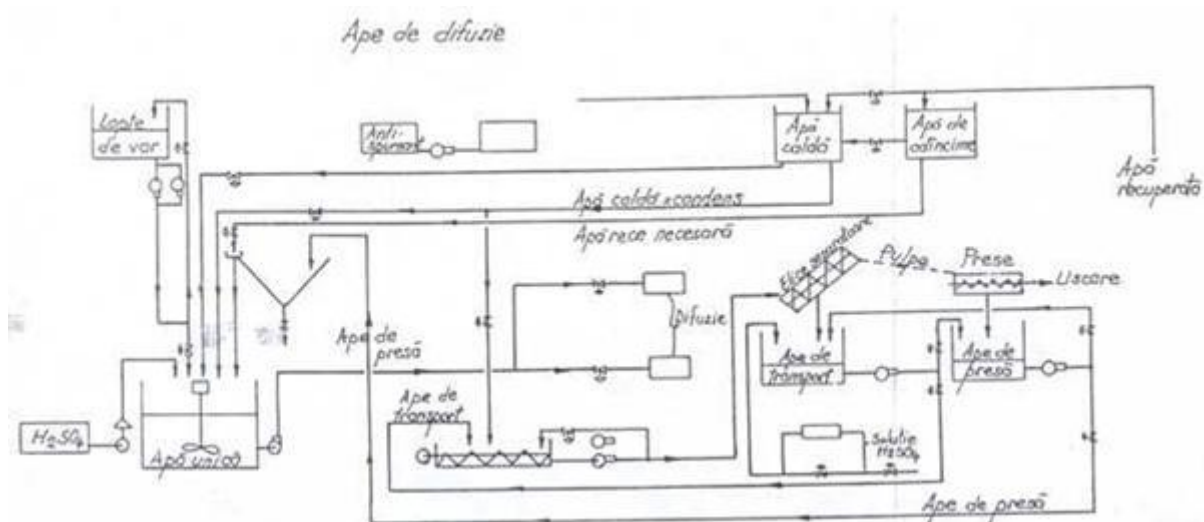


Fig. 9.11. Schema tehnologica de preparare „a apei unice” pentru difuzie.

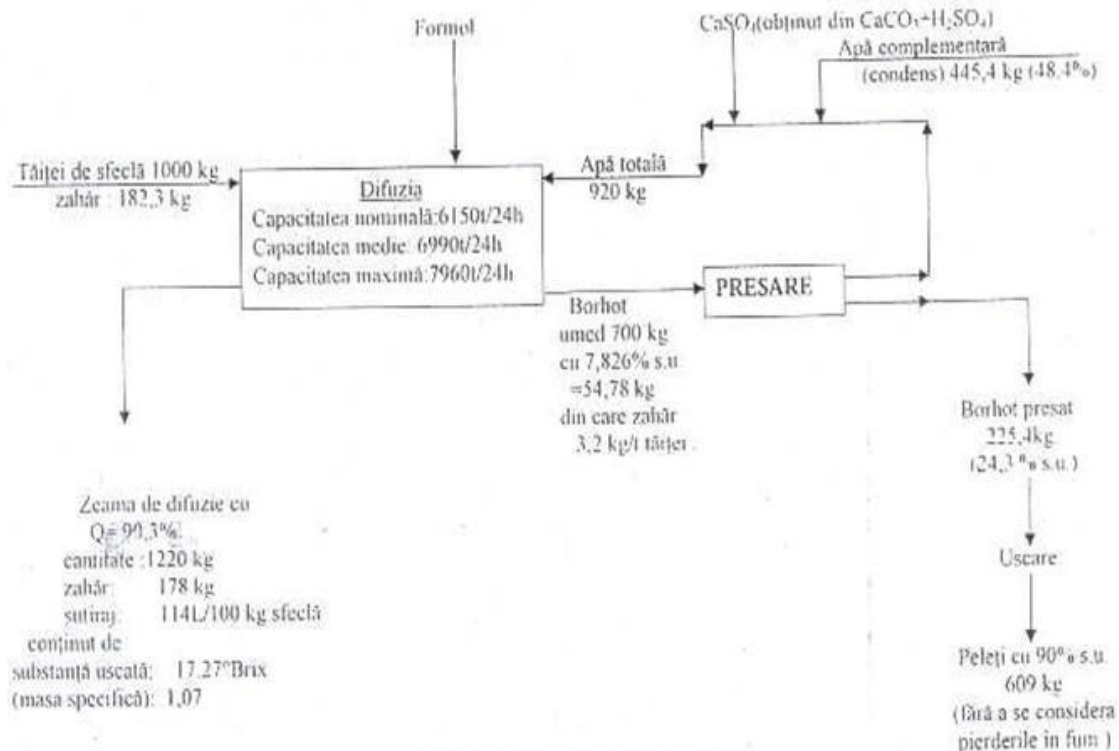
Pentru realizarea si dozarea apei unice la difuzie este necesara o instalatie de automatizare care permite:

- reglarea temperaturii si anume sonde de platina tip PT 100 cu compensator de temperatura, cu 3 - 4 fire;
- mentinerea nivelului, reglaj bazat pe regulator tip LT 1151 care functioneaza pe principiul membranei, cu semnal de 4 _ 20 mA pe firul de alimentare cu curent continuu de 24 V;
- reglarea pH-ului, cu pH-metru cu electrod Ingold;
- dozarea si reglarea debitului componentelor care formeaza „apa unica” si anume apa de presa, apa proaspata, condensul, laptele de var, acidul sulfuric;
- reglarea debitului „ape unice”.

9.10.5.13. Bilantul general de materiale la difuzie

Pentru a evalua corectitudinea functionarii instalatiei de extractie a zaharului din sfecla, prin difuzie, este oportuna a se intocmi bilantul de materiale. in fig. 9.12 este prezentat grafic un astfel de bilant, considerandu-se urmatoarele conditii date:

- capacitatea nominala de prelucrare a instalatiei 6 150 t sfecla / 24 ore, cu:
- limita maxima de 7 906 t sfecla / 24 ore;
- valoarea medie de 6 990 t sfecla / 24 ore;
- continutul mediu de zahar din taiteii de sfecla prelucrati: 18,23 %;
- continutul mediu de substanta uscata a borhotului presat: 24,3 %;
- continutul mediu de substanta uscata a zemii de difuzie: 17,27° Brix;
- valoarea medie a puritatii zemii de difuzie: 90,3 %.



NOTA: Pierderile nedeterminate de zahăr:
182,3-178,0-3,2=1,1 kg/t tăiței

Fig. 9.12. Bilanțul de materiale la difuzie.

9.11. PURIFICAREA CALCO - CARBONICA A ZEMII DE DIFUZIE

În România se utilizează, în prezent, mai multe scheme de purificare, cele mai des întâlnite fiind:

- schema cu recircularea nămolului de la carbonatarea I la predefecare;
- schema Viklund - Door.

Schema tehnologică-cadru de purificare calco-carbonică a zemei de difuzie utilizată de fabricile de zahăr din România este prezentată în fig. 9.13. Această schemă se aplică la fabricile de zahăr cu modificări specifice fiecărei fabrici în parte.

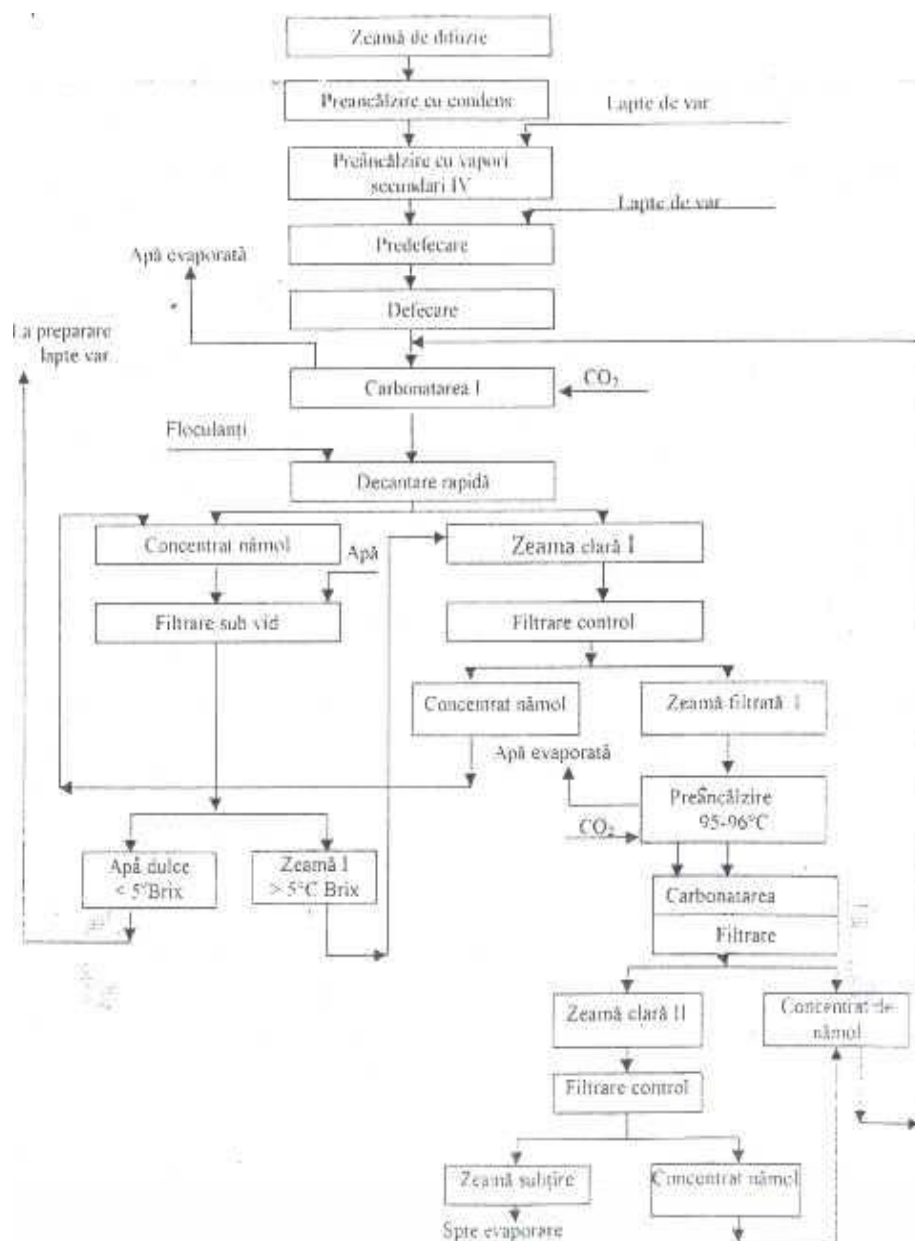


Fig. 9.13. Schema tehnologică-cadru de purificare calco-carbonică a zemei de difuzie.

În tabelul 9.37 se prezintă valoarea principalilor parametri tehnologici ai fiecărei etape a procesului de purificare. Acești parametri sunt: durata, temperatura, alcalinitatea și valoarea pH-ului.

Tabelul 9.37

Principalii parametri tehnologici ai etapelor procesului de purificare cu recircularea namolului de la carbonatarea I la predefecare

Denumirea fazei sau operatiei tehnologice	Durata min	Temperatura °C	pH-ul la 20° C	Alcalinitatea g CaO/100 ml
Depulparea zemii de difuzie	1	2528	5,8-6,2	0,06
Predefecarea progresiva a zemii de difuzie	10-15	3538	10,8-11,2	Maximum 0,30
Defecarea la rece a zemii predefecate	5-90	3545	-	Maximum 0,60
Preincalzirea zemii defecate la rece	1	8788	-	-
Defecarea la cald	12-15	8687	-	Maximum 85 % din nezaharul zemii de difuzie raportat la sfecla
Carbonatare 1	10-15	8586	10,8-11,4	0,08-0,10
Zeama clara	-	85	10,8-11,4	0,08-0,10
Namol de la carbonatarea 1	-	85	10,8-11,4	0,08-0,10
Preincalzirea zemii clare 1	1	9799	10,8-11,0	0,08-0,10
Carbonatarea a II-a	5-7	9698	9,20-9,25	0,020-0,015
Zeama clara II	-	9395	9,20-9,25	0,020-0,015
Cuva filtrului cu vid	7-10	8277	10,8-11,4	15,00-17,00
Zeama de filtrele cu vid	-	7772	10,8-11,4	0,09-0,11
Zeama de la deducirea namolului pe filtrele cu vid	-	7772	10,4-11,0	0,04-0,06
Apa dulce, de la deducirea namolului pe filtrele cu vid	-	7072	9,8-10,2	0,020-0,025
Lapte de var	-	3035	-	-
Rezervor de zeama inaintea decalcifierii	5-7	8587	9,20-0,25	0,010-0,015
Solutie de inhibitori de	-	3540	-	-

formare si depunere a crustei				
Rezervor de zeama groasa inaintea filtrarii	10-15	8792	8,5-8,7	0,0010-9,9915
Filtrarea zemii groase	1-2	8587	8,3-8,6	0,0010-0,0015
Zeama groasa filtrata	-	- 8284	8,3-8,6	0,0109-0,015

Doza optima de var activ necesara la purificarea calco-carbonica a zemii de difuzie se poate calcula cu ecuatiile urmatoare:

$$CaO = \frac{V_{CaO} \cdot S}{100} \quad [\text{kg lapte de var}/100 \text{ kg sfecla}] \quad (9.26)$$

in care: V_{CaO} este doza optima de CaO pentru defecarea la cald, considerata la defecarea principala, doza care este, in general, stabilita experimental si exprimata in kg/100 kg sfecla; S- sutirajul exprimat in unitati de volum, in l/100 kg sfecla.

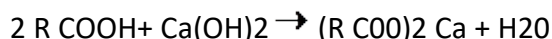
Predefecarea se realizeaza prin cresterea treptata a valorii pH-ului zemii si a alcalinitatii, ceea ce determina scaderea progresiva a potentialului electrocinetic al particulelor coloidale si precipitarea sedimentului coloidal, la care contribuie prezenta ionilor Ca^{2+} si a cristalelor de $CaCO_3$ cu sarcina pozitiva.

9.11.1. Principalele reactii chimice care au loc la predefecarea

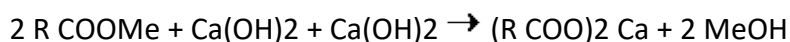
zemii de difuzie

Principalele reactii chimice care au loc la predefecarea zemii de difuzie sunt urmatoarele:

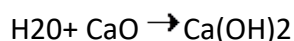
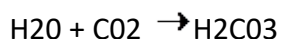
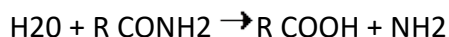
- neutralizarea acizilor liberi, in special a acizilor organici ai sfeclei si a acizilor minerali din apa de extractie;



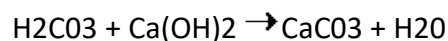
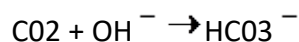
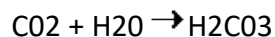
- schimbul de ioni dintre calciu si magneziu, in principal, care poate fi descris printr-o reactie chimica de tipul urmatoare:



La defecarea zemii predefecate au loc urmatoarele reactii chimice:



Substante reducatoare + $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow$ Substante colorante + Acizi organici
 La carbonatarea zemii defecate au loc urmatoarele reactii chimice:



Un rol important in asigurarea conditiilor de desfasurare a acestor reactii il are solubilitatea oxidului de calciu in apa si in solutiile impure de zahar in apa. Cu cat solubilitatea oxidului de calciu este mai avansata cu atat efectul procesului de purificare este mai mare. in tabelul 9.38 se prezinta solubilitatea oxidului de calciu in apa si in solutii de zaharoza in apa.

Tabelul 9.38

Solubilitatea oxidului de calciu in apa si in solutiile de zaharoza in apa

Concentratia in zaharoza, g/100 ml apa	Solubilitatea oxidului de calciu in solutiile de zaharoza in apa, solutiei in q CaO / 100 g solutie, la temperatura de: (° C)				
	0	20	40	60	80
0,0	0,136	0,127	0,110	0,089	0,072
1,5	0,253	0,176	0,133	0,119	-
3,0	0,477	0,281	0,201	0,146	-
6,0	1,173	0,661	0,311	0,213	0,131
12,0	2,083	1,970	0,937	0,423	0,205
18,0	4,141	3,554	1,943	1,169	0,357

9.11.1. Scopul purificarii calco-carbonice a zemii de difuzie

Pentru a se obtine o cantitate cat mai mare de zahar cristal de calitate superioara din zeama de difuzie, este necesara purificarea sa si indepartarea nezaharului. Practic, inasa, sistemele actuale de purificare a zemii de difuzie asigura indepartarea a maximum 45 % din nezaharul zemii de difuzie.

Pentru purificarea zemii de difuzie trebuie sa se utilizeze metode ieftine si substante care sa nu degradeze zaharul, sa nu provoace pierderi de zahar, iar nezaharul precipitat cu aceste substante se fie usor separabil din masa zemii si eliminat. in prezent, pentru purificarea zemii de difuzie se utilizeaza oxid de calciu si dioxid de carbon. De aceea, procesul tehnologic actual de purificare se numeste 'purificare calco-carbonica'. in procesul tehnologic de prelucrare a sfeclei de zahar, scopul purificarii calco-carbonice a zemii de difuzie este bine determinat si stabilit. Cantitatea de nezahar eliminata la purificare influenteaza favorabil desfasurarea ulterioara a procesului tehnologic, in special operatiile care se realizeaza la temperatura ridicata, ca, de exemplu, concentrarea prin vaporizare, fierberea si cristalizarea, dar si randamentul si calitatea zaharului obtinut.

Purificarea zemii de difuzie se poate realiza si prin alte procedee, ca, de exemplu: schimbul ionic, ultrafiltrarea, excluderea ionilor, electrodializa si osmoza inversa. Dar, din motive de eficienta economica, purificarea zemii de difuzie cu ajutorul acestor procedee nu este inca utilizata la nivel industrial.

Prin definitie, purificarea zemii de difuzie este operatia care are ca scop desfasurarea optima a fazelor ulterioare ale procesului tehnologic. Fazele si operatiile care constituie procesul de purificare calco-carbonica si parametrii tehnologici la care se executa aceste operatii sunt determinati de calitatea tehnologica a sfeclei si a zemii de difuzie prelucrate. intotdeauna, purificarea zemii de difuzie trebuie sa aiba o influenta pozitiva asupra economicitatii intregului proces de productie, influenta concretizata prin:

- asigurarea stabilitatii termice a zemii la concentrarea prin vaporizare, stabilitate concretizata prin evitarea scaderii pH-ului, evitarea colorarii intense a zemii, evitarea hidrolizei zaharozei;
- evitarea spumarii intense, ceea ce poate determina pierderi mari de zaharoza cu spuma care se produce;
- pierderi minime de zaharoza ca urmare a instabilitatii si descompunerii sale termice, in timpul concentrarii prin vaporizare;
- valori minime pentru zaharul ramas in melasa;
- asigurarea obtinerii zaharului de calitate corespunzatoare, care sa-i asigure stabilitatea la pastrare prin depozitare;
- pretabilitate la utilizarea ulterioara in industriile consumatoare de zahar crystal.

In fig. 9.14 se prezinta schematic influenta purificarii calco-carbonice asupra nezaharului zemii de difuzie.

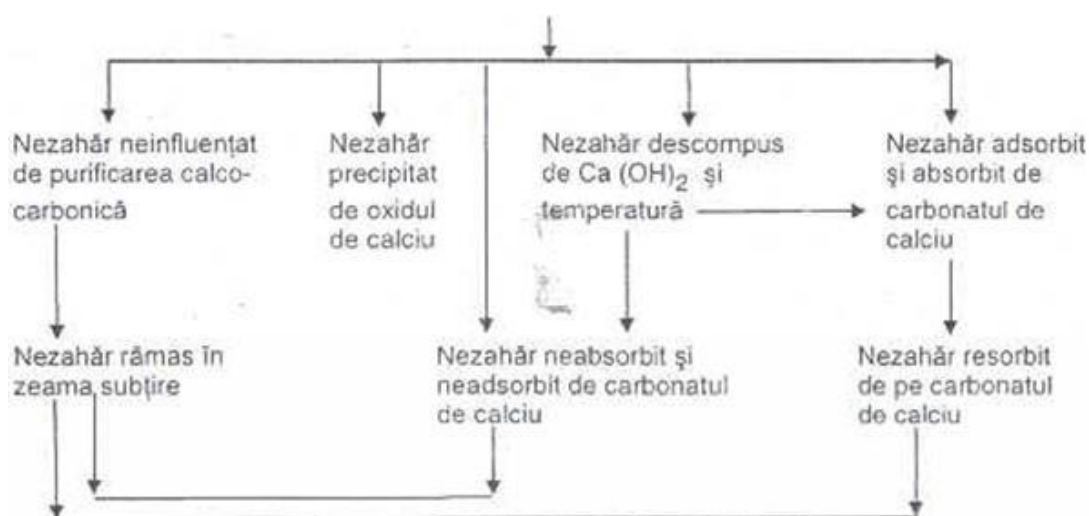


Fig. 9.14. Actiunea purificarii calco-carbonice asupra nezaharului zemii de difuzie si circulatia nezaharului in timpul purificarii zemii de difuzie.

BIBLIOGRAFIE

- 1.** *Manualul inginerului de industria alimentara, Ed. Tehnica Bucuresti, 2002*
- 2.** *Indrumar pentru industria alimentara, Lexicon, Ed. Tehnica, 1987.*
- 3.** *Dominica Culache, Vasile Platon, Tehnologia zaharului, Ed. Tehnica, Bucuresti, 1987;*
- 4.** *Bratu Em. A., Operatii si utilaje in industria chimica, Ed. Tehnica, Bucuresti, 1970;*
- 5.** *Luca Gh., Probleme de operatii si utilaje in industria alimentara, Ed. Tehnica, Bucuresti, 1978;*
- 6.** *Racolta E., Tehnologii generale in industria alimentara - Aplicatii si calcule tehnologice- Ed. Risoprint, Cluj-Napoca, 2006*