

1. TEHNOLOGIA ALCOOLULUI ȘI A DROJDIEI

2. 1.1. GENERALITĂȚI

Industria alcoolului și a drojdiei se bazează în principal pe activitatea fermentativă a drojdiilor, care transformă glucidele fermentescibile din substrat în alcool etilic ca produs principal de fermentație și respectiv în biomasă.

Cuvântul alcool provine de la cuvântul arab „al-kohol” care înseamnă lucru, obiect subtil și este pentru prima oară citat în Europa în secolul al XIII-lea de alchimistul italian Taddeo Aldoretti (Firenze).

Adoptarea cuvântului alcool, respectiv alcool este apoi completată de Arnaldo da Villanova în secolul al XIII-lea și intră în uzul alchimiștilor în secolul al XIV-lea, prin lucrările lui Teofrasto Paracelso cu semnificația de „finețe excelentă” pentru a fi readus și pus în folosință curentă în 1787 de către Lavoisier în noua sa nomenclatură chimică.

În secolele XIV÷XVI, obținerea alcoolului devine din ce în ce mai obișnuită și apar o serie de denumiri cum ar fi cele de alcool din vin sau spirito di vino, având semnificația părții celei mai subtile a vinului reprezentată prin alcool. În secolul al XVIII-lea se fac primele studii privind formarea alcoolului prin fermentarea plămezilor zaharoase, sfârșitul acestui secol marcând un deosebit progres al cunoștințelor despre natura alcoolului, formarea și constituția sa precum și în privința controlului său analitic. Secolul al XVIII-lea marchează aprofundarea fenomenelor de transformare a amidonului în glucide și apoi a acestora în alcool, un rol deosebit având vestitul chimist Lavoisier.

Studiile efectuate de Fabroni, Thenard, Appert, Gay-Lussac, Cagnari de Latour, Schwan, Turpin, Liebig și de celebrul Pasteur, în secolul al XIX-lea, cu privire la fermentația alcoolică, au condus la obținerea alcoolului pe scară industrială din diferite materii prime.

Tot în secolul al XIX-lea se produce pentru prima oară alcoolul pe cale sintetică sau prin compunerea elementelor obținute din substanțe minerale. În prezent se produc cantități mari de alcool atât pe cale naturală cât și pe cale sintetică.

Alcoolul etilic se produce în prezent pe plan mondial, în cea mai mare parte prin fermentarea plămezilor care conțin glucide fermentescibile, cu ajutorul drojdiei. Alcoolul etilic obținut pe cale biotehnologică mai poartă denumirea de bioalcool, deosebindu-se astfel de alcoolul etilic de sinteză. Alcoolul etilic rafinat are multiple utilizări în diferite industrii. În industria alimentară este folosit pentru fabricarea băuturilor alcoolice și a oțetului, în industria chimică pentru obținerea cauciucului sintetic și ca dizolvant, în industria farmaceutică pentru prepararea anumitor substanțe (eter, cloroform, ș.a.), iar în medicină ca dezinfectant.

Alcoolul absolut, la concentrația de 99,8% vol., se utilizează în țările lipsite de zăcăminte petrolifere, drept carburant, în amestec de 20÷30% cu benzina căreia îi mărește totodată și cifra octanică. Cel mai ambițios program privind folosirea alcoolului în scopuri energetice îl are Brazilia care, sub denumirea de PROALCOOL, urmărește a înlocui 15÷21% din cantitatea de benzină cu alcool obținut din trestie de zahăr. În Japonia s-a elaborat programul RAPAD (Research Association for Petroleum Alternatives Developements) care urmărește realizarea de etanol și acetonă-butanol-etanol prin procedee biotehnologice, folosind ca materie primă celuloza. În Franța programul Carburul urmărește realizarea alcoolului etilic din sfeclă și a butanolului din paie. Noua Zeelandă a efectuat studii pentru obținerea etanolului din lactoserum.

În noțiunea de drojdii s-a inclus atât drojdia comprimată, folosită în industria panificației drept afănător biologic, cât și drojdia furajeră, care este utilizată pe scară largă pentru completarea deficitului de proteine pe plan mondial pentru hrana animalelor.

1.2. MATERII PRIME UTILIZATE LA FABRICAREA ALCOOLULUI ȘI A DROJDIEI

În funcție de natura substanțelor utile pe care le conțin, materiile prime folosite la fabricarea alcoolului și a drojdiei se pot clasifica astfel:

1. *Materii prime amidonoase:*

- cereale: porumb, secară, grâu, orz, ovăz, orez, sorg, etc;
- cartofi;
- rădăcini și tuberculi de plante tropicale: rădăcini de manioc, tuberculi de batate, etc.

2. *Materii prime zaharoase:*

- sfecla și trestia de zahăr;
- melasa din sfeclă și trestie de zahăr;
- struguri, fructe, tescovine dulci, etc.

3. *Materii prime celulozice:*

- deșeuri din lemn de brad, molid, fag, etc.;
- leșii bisulfite rezultate de la fabricarea celulozei.

4. *Materii prime care conțin inulină și lichenină:*

- tuberculi de topinambur;
- rădăcini de cicoare;
- mușchi de Islanda.

Materiile prime prezentate nu epuizează totalitatea materiilor prime posibile a fi folosite la fabricarea alcoolului și drojdiei, se fac cercetări pentru descoperirea de noi surse de materii prime din care să se poată obține în condiții economice alcool și drojdie. În continuare se prezintă numai materiile prime utilizate în fabricile de alcool și drojdie din țara noastră.

Cele mai utilizate materii prime sunt melasa, cerealele și cartofii.

1.2.1. Melasa

Prin melasă se înțelege ultimul reziduu care rămâne de la fabricarea zahărului, în urma cristalizării repetate a zaharozei și din care nu se mai poate obține economic zahăr prin cristalizare.

În timpul primului război mondial, ca urmare a faptului că cerealele nu mai erau în cantități suficiente, la fabricarea drojdiei plămăzile amidonoase zaharificate au fost înlocuite cu melasă, care avea un preț mai convenabil și era mai ușor de depozitat decât cerealele.

În prezent, în S.U.A., Europa, Australia ca și la noi în țară, melasa este principala materie primă folosită la fabricarea drojdiei de panificație și în condiții dirijate, 4 g melasă (aproximativ 2 g zaharoză) pot contribui la obținerea unui gram de drojdie de panificație.

Caracteristici fizico-chimice. Din punct de vedere fizic, melasa se prezintă ca un lichid vâscos, având o culoare brună-neagră, cu miros plăcut de cafea proaspăt prăjită și un gust dulce-amăru. Reacția melasei este, de regulă, ușor alcalină.

Compoziția chimică a melasei variază în funcție de materia primă folosită la fabricarea zahărului (sfeclă sau trestie de zahăr) și de procesul tehnologic aplicat în fabricile de zahăr.

Melasa din sfeclă de zahăr are avantajul că favorizează obținerea unui produs de culoare mai deschisă, în schimb conține betaină ce nu este asimilată de către drojdie și astfel prin deversarea apelor reziduale crește consumul biochimic de oxigen. De asemenea poate fi deficitară în biotină, vitamină necesară creșterii drojdiilor.

Melasa din trestie de zahăr este bogată în biotină, în schimb biomasa de drojdie obținută are o culoare mai închisă, încât sunt necesare operații suplimentare de spălare. Pentru a asigura un mediu optim de creștere, se pot folosi melase cupajate în care se adaugă fosfați, surse de azot, factori de creștere; totuși, la noi în țară se preferă utilizarea melasei din sfeclă de zahăr la fabricarea drojdiei de panificație, melasa din trestie de zahăr fiind folosită la fabricarea alcoolului. Compoziția chimică a melasei obținută la fabricarea zahărului din sfeclă de zahăr este prezentată în tabelul 2 (Stoicescu, A., 1999).

Concentrația în substanță uscată a melasei se exprimă în practică în grade Balling (Bllg) sau Brix (Bx), care reprezintă procente masice de substanță uscată dizolvată.

Glucidele din melasa de sfeclă de zahăr sunt reprezentate în cea mai mare parte din zaharoză, alături de care se mai găsesc cantități mici de rafinoză și zahăr invertit. Un procent mai ridicat de 1% denotă contaminarea melasei cu microorganisme care produc invertirea zaharozei.

Nezahărul melasei cuprinde atât substanțe organice (substanțe azotoase și neazotoase) cât și săruri minerale.

Substanțele azotoase sunt reprezentate în special prin produse de descompunere a proteinelor și în mai mică măsură prin proteine macromoleculare. Dintre acestea în cantitatea cea mai mare se găsește betaina, care poate să ajungă până la circa 5% față de melasă. Dintre aminoacizi în cantitatea cea mai mare se află acidul glutamic.

Cantitatea de substanțe azotoase, exprimate sub formă de azot total variază între 1,2 și 2,4%, din care azotul asimilabil reprezintă 0,4÷0,6%, cantitate care este insuficientă pentru nutriția drojdiei. Din această cauză, atât la fabricarea alcoolului cât și a drojdiei este absolut necesară adăugarea de săruri de azot sub formă de sulfat de amoniu, fosfat de amoniu, apă amoniacală, uree, ș.a.

Substanțele neazotoase cuprind: pectine, hemiceluloze și produsele lor de hidroliză (arabinoză și galactoză) și săruri ale acizilor organici. Dintre vitamine s-au găsit în melasa din sfeclă de zahăr, tiamina, piridoxina și acidul pantotenic. Conținutul melasei în vitamine prezintă o mare importanță la fabricarea alcoolului și mai ales a drojdiei.

Sărurile minerale se află în proporție de 6÷8% față de melasă și sunt reprezentate de săruri de K, Na, Ca și Mg ale acizilor carbonic, sulfuric, fosforic, ș.a. Conținutul în fosfor al melasei este foarte scăzut, de aceea în procesul de fabricație se procedează la corectarea conținutului în fosfor al melasei prin adaos de superfosfat sau fosfat de amoniu. Melasa conține cantități suficiente de Ca, în timp ce conținutul ei în magneziu este scăzut, în special atunci când se tratează zeturile pentru purificare cu schimbători de ioni. Deficitul de magneziu al melasei se corectează prin adaos de sulfat de magneziu.

În melasă se mai găsește și **dioxid de sulf** ce provine din procesul tehnologic de obținere a zahărului, fiind folosit pentru decolorarea zeturilor de difuziune, cât și nitriți formați prin reducere din nitrați. Prezența SO₂ și nitriților este nedorită deoarece inhibă activitatea drojdiilor. Din acest motiv conținutul melaselor în SO₂ nu trebuie să depășească 0,008% (Hopulele, T., 1980).

Un loc aparte în compoziția melasei îl ocupă **coloizi** de natură proteică, pectică, melanoidinică, care împiedică funcționarea normală a celulei de drojdie și produc o spumă abundentă, nedorită, în linurile de fermentare. Din această cauză este necesară limpezirea melasei.

Melasa mai conține **substanțe colorante**, care se compun din melanoidine, melanine, caramel, cât și suspensii formate prin coagularea coloizilor și precipitarea unor săruri anorganice și organice.

Compoziția și calitatea melasei diferă de la fabrică la fabrică și chiar în cadrul aceleași campanii, în raport cu:

- calitatea sfeclei de zahăr;
- natura solului pe care a fost cultivată sfecla de zahăr;
- cantitatea și calitatea îngrășămintelor aplicate solului;

- factorii meteorologici și climatici;
- procesul tehnologic de extracție a zahărului;
- condițiile de depozitare a melasei.

Calitatea melasei, ca materie primă este deosebit de importantă la multiplicarea drojdiei de panificație. Industrial, se preferă numai utilizarea melasei din sfeclă de zahăr, care este mai puțin contaminată comparativ cu melasa din trestie de zahăr.

În afară de substanțele valoroase, melasa poate să conțină și **substanțe cu efect inhibitor** asupra activității fiziologice a drojdiilor, formate în procesul de obținere a melasei. Dintre acestea fac parte :

- imidodisulfonatul de potasiu, care în cantități mai mari de 5%, inhibă activitatea drojdiilor. Rezultă din nitriți și sulfizi care ajung în melasă prin activitatea unor bacterii;
- nitriții prezenți în melasă în concentrație mai mare de 0,02%, inhibă multiplicarea drojdiilor;
- acidul acetic, acidul butiric, în concentrații mai mari de 0,1÷1%, inhibă multiplicarea drojdiilor (Dan, V., 1999).

Dintre aceste substanțe cea mai mare influență o exercită nitriții rezultați în urma reducerii nitraților din melasă, sub acțiunea bacteriilor denitrificatoare. Acestea pot folosi nitrații ca acceptori de hidrogen, în locul oxigenului, în procesul de respirație. Astfel, se produce reducerea nitraților până la azot sau amoniac.

Bacteriile denitrificatoare conțin enzime induse, ca nitrat-reductaza și nitritreductaza, care realizează denitrificarea. La prezența în mediu a nitratului și oxigenului molecular, denitrificatorii produc respirația oxigenată a nitriților și doar la deficit de O₂, ele trec la denitrificare.

Acțiunea dăunătoare a nitriților constă în modificarea morfologiei celulelor, întârzierea respirației, inhibarea înmulțirii și activității fermentative a celulelor de drojdie. Cea mai mare sensibilitate a fost semnalată în faza logaritmică de multiplicare a drojdiilor. La un conținut în mediu de numai 0,0005% este inhibată înmugurirea normală a drojdiilor. Conținutul în nitriți de 0,0004% reduce înmulțirea drojdiilor de cultură cu 50%, iar în cantitate de 0,02%, inhibă aproape în totalitate creșterea și înmulțirea celulelor, iar o parte din drojdia mor, în primul rând mugurii.

Dacă concentrația nitriților în mediu se micșorează de la 0,0037 la 0,001 % în cursul înmulțirii drojdiilor, randamentul drojdiei se îmbunătățește cu 8÷10%, iar de la concentrații de 0,009 la 0,002% cu 17÷21% (Notkima, 1975).

Rezistența drojdiei de panificație este dependentă și de gradul de contaminare al melasei. Melasa are o încărcare microbiană ridicată și se consideră o melasă bună aceea care conține până la $2 \cdot 10^3$ celule/g; cea de calitate inferioară are peste $3 \cdot 10^4$ celule/g.

În mod curent, decadal, se efectuează analiza fizico-chimică și microbiologică la melasa existentă în stoc și care urmează a fi utilizată în producție. Analizele microbiologice constau în :

- determinarea numărului total de bacterii aerobe, mezofile, mediu bulion de carne gelozat, termostatare 48 ore (35^o), în UFC/g melasă;
- determinarea numărului de drojdii și mucegaiuri, mediu must de malț agar cu pH = 3,5 ajustat la repartizare, termostatare 3 zile la 25^oC, în UFC/g melasă;
- test calitativ de evidențiere a bacteriilor din genul *Leuconostoc*, specia *Leuconostoc mesenteroides* prin cultivare din diluții decimale în mediu îmbogățit cu 15% zahăr;
- determinarea numărului de drojdii (osmofile) în mediu cu must de malț și 10% zahăr, termostatare 3 zile la 25^oC, în UFC/g melasă;
- examen microscopic al coloniilor caracteristice în scopul identificării.

1.2.2. Cerealele

Compoziția chimică a cerealelor variază în funcție de soi, condițiile pedoclimatice și agrotehnica aplicată. În tabelul 5 se prezintă compoziția chimică medie a principalelor cereale folosite la fabricarea alcoolului.

Porumbul reprezintă o cereală de bază folosită în economia țării noastre atât în alimentație, ca furaj cât și în industrie. Țara de origine a porumbului este Mexicul, la noi în țară a fost introdus în a doua jumătate a secolului al XVII-lea. În prezent suprafața cultivată de porumb ocupă locul doi după grâu, dar din punct de vedere al recoltei obținute, el se situează pe primul loc, având o producție mai mare la hectar.

Se cunoaște un număr mare de soiuri de porumb, acestea deosebindu-se între ele după caracteristici botanice și economice. După timpul de vegetație se disting soiuri tardive și precoce cu producție mare și mai mică, cu forme și mărimi diferite ale boabelor, cu boabe diferit colorate, cu structură făinoasă, semisticloasă sau sticloasă.

Pentru fabricarea alcoolului se preferă porumbul cu boabe făinoase (specia *Zea mays dentiformis*), care se caracterizează printr-un conținut ridicat în amidon și mai scăzut în substanțe proteice.

Părțile componente ale bobului de porumb sunt endospermul sau miezul făinos, învelișul și germenul (embriionul). Proporția medie a părților componente se prezintă astfel: 81÷85% endosperm, 5÷11% înveliș și 8÷14% embrion.

Conținutul în amidon al porumbului reprezintă cca. 70% din substanța uscată a bobului. Datorită conținutului ridicat în lipide, care sunt localizate în special în embrion, plămезile din porumb fermentează liniștit aproape fără spumă, ceea ce permite utilizarea la maximum a capacităților de fermentare, iar borhotul rezultat de la distilare are o valoare furajeră ridicată.

Secara este o cereală care din punct de vedere a gradului de utilizare ocupă în țara noastră locul doi după grâu, dar sunt însă țări, cum sunt cele din nordul Europei, în care secara ocupă locul întâi. Planta de secară face parte din familia gramineelor, cu tulpină înaltă și frunze subțiri având lungimea de 13÷20 cm. Inflorescența este un spic cu fecundație alogamă, iar fructul, o cariopsă. Secara este o cereală puțin pretențioasă la sol și climat.

Bobul de secară are unele trăsături comune ce cele ale grâului, are însă bobul mai alungit decât acesta. Bobul de secară se caracterizează prin: culoarea învelișului verde, galbenă și uneori cenușie.

Din punct de vedere al legăturii straturilor secara prezintă unele deosebiri față de grâu: învelișul secarei are o concreștere mai avansată cu aleuronul și corpul făinos. Suprafața exterioară a bobului de secară privită cu lupa apare cu striuri transversale fine, iar șanțulețul ventral este mai puțin evident decât la grâu. De asemenea și perisorii sunt mai puțin dezvoltati. Învelișul bobului de secară est mai gros și mai elastic , de aceea secara se macină greu și rezultă mai multă țărăță.

Grâul este folosit în principal la fabricarea făinii de diferite tipuri, a crupelor sub formă de griș și arpacaș, a expandatelor și aplatizateelor de tipul pufarinului și a fulgilor, a pastelor făinoase, glucozei și alcoolului.

Grâul a fost cultivat mai întâi în Asia cu 5000÷6000 ani î.d.H., în Egipt cu 4000 ani î.d.H., în Europa cu 5000÷6000 ani î.d.H. În America s-a introdus în cultură în 1528, în S.U.A. din 1602 și în Canada din 1812. În România se cultivă din anii 3500÷5500 î.d.H. Cel mai răspândit soi cultivat în țara noastră este Triticum vulgan (pâine, amidon, glucoză, etc.), urmat în procent mai redus de Triticum durum, pentru paste făinoase și expandate.

Principalele părți componente ale bobului de grâu sunt: endospermul, învelișul și embrionul. Endospermul este format din două părți: corpul făinos și stratul aeluronic. Stratul aleuronic înfășoară miezul făinos cu întrerupere pe porțiunea unde se află germenele. Endospermul reprezintă 78÷82% din bobul întreg. Conținutul de înveliș al grâului reprezintă circa 6÷8%. La măcinăș învelișul face corp comun cu stratul aleuronic care reprezintă și el 6÷8% și se elimină sub formă de țărăță, în procent de 15÷22%.

Embrionul sau germenele este situat lateral, la partea inferioară a bobului fiind protejat numai de învelișul exterior al acestuia. Embrionul reprezintă între 2÷3% din total. La măcinăș germenele se separă odată cu țărăța sau se extrage în mod separat.

Proporția părților componente ale bobului de grâu ca de altfel și ale celorlalte cereale, constituie elemente principale, atât pentru tehnologia de prelucrare a cerealelor cât și pentru aportul pe care îl aduce fiecare din aceste părți la valoarea alimentară a produselor finite.

Orzul este o cereală din familia Graminaceae, răspândită în toată Europa. Se folosește în alimentația omului ca făinuri și arpacaș și a animalelor ca furaj, precum și în scopuri industriale la fabricarea amidonului, alcoolului, dextrinei, glucozei, berii, precum și pentru prepararea unor făinuri și produse în amestec cu făina de grâu, orez, secară și porumb.

Bobul de orz poate fi îmbrăcat sau golaș, de culoare galben aurie, galben deschis, galben roșcat sau cenușiu. Structura endospermului poate fi total sau parțial sticloasă. În medie părțile componente ale orzului sunt: 76,5% endosperm, 13% pleavă, 7,5% aleuron și 3% embrion.

Ovăzul este o plantă anuală din familia gramineelor cu fructul fusiform, îmbrăcat în palee, cu un șanț pe fața inferioară, acoperit pe toată suprafața cu perișori scurți și fini. Părțile componente ale ovăzului cuprind următoarele proporții medii: 25% pleavă, 3÷4% înveliș, 1,4% stratul aleuronic, 3% embrion, 54% endosperm.

În afară de industria alcoolului, ovăzul este folosit la fabricarea crupelor sub formă granulară, sau fulgi și mai rar la fabricarea unor sorturi de făină care împreună cu făina de grâu, secară sau orz intră în compoziția unor sortimente de panificație. Produsele de ovăz sunt destinate în special copiilor, vârstnicilor și în unele cazuri intră în dieta unor persoane suferinde.

1.2.3. Cartofii

Originar din America de Sud, cartoful (*Solanum tuberosum*) este o plantă erbacee anuală, care se cultivă bine în zonele cu climă temperată și soluri nisipoase. În România se produc următoarele soiuri timpurii: Ostora, Sitema, Jaerla, Cobler, Carpatin; semitimpurii: Urgenta, Bintje, Brașoveanu, Gûlbaba; semitârzii: Desirée, Colina, Măgura; târzii: Merkur, Ora, Eba și Uran.

În țara noastră se folosește la fabricarea alcoolului excedentul de cartofi industriali rezultați din regiunile mai importante de cultivare (județele Suceava, Covasna, Harghita, ș.a.). Pentru industrializare se preferă soiurile tardive de cartofi, cu o perioadă mai lungă de vegetație, de circa 130 zile, care acumulează o cantitate mai mare de amidon și au o rezistență mai bună la depozitare. Pentru fabricarea alcoolului interesează în primul rând conținutul în amidon, care variază între 14 și 22%.

La recepția cerealelor și cartofilor se determină conținutul în amidon prin metoda polarimetrică (Ewers), în cazul cerealelor, și cu ajutorul balanțelor de amidon, în cazul cartofilor (Reimann, Parow, Eckert) (Eckert, 1987; Goslich, 1984). În locul conținutului în amidon se folosește în prezent termenul de „substanță fermentescibilă”, care rezultă prin hidroliza totală a materiei prime cu enzime adecvate și determinarea glucozei formate prin metoda enzimatică (Senn, 1988).

3. MATERII AUXILIARE ȘI UTILITĂȚI FOLOSITE LA FABRICAREA ALCOOLULUI ȘI A DROJIEI

Principalele materii auxiliare care intervin în procesul tehnologic de fabricare a alcoolului și drojdiei sunt: malțul verde, preparatele enzimatice microbiene, substanțele nutritive, acidul sulfuric, factorii de creștere, antispușmanții, substanțele antiseptice și dezinfectante. Dintre principalele utilități se pot menționa apa și aerul tehnologic.

2.1. MATERII AUXILIARE

2.1.1. Malțul verde

Malțul verde este folosit în tehnologia alcoolului din materii prime amidonoase ca agent de zaharificare, datorită enzimelor amilolitice acumulate în timpul germinării. Fabricarea malțului verde pentru alcool este mai simplă în comparație cu producerea malțului pentru bere, deoarece în acest caz interesează în principal obținerea unei activități amilazice cât mai ridicate. Procesul tehnologic de obținere a malțului verde este asemănător cu malțul pentru bere, dar durata de germinare este mai mare.

Se folosește pentru conținutul său în enzime amilolitice, enzime de lichefiere și zaharificare a plămezilor. Din punct de vedere al calității, malțul verde se apreciază după:

- aspectul exterior;
- activitatea α -amilazică (unități SKB care reprezintă grame de amidon solubil, dextrinizat de către 1 g malț verde, timp de 60 minute, la 20°C, în prezența unui exces de β -amilază);
- activitatea β -amilazică (unități Windisch-Kolbach – °WK), care reprezintă grame de maltoză rezultată prin acțiunea extractului provenit din 100 g malț verde asupra unei soluții de amidon solubil 2%, în timp de 30 minute, la 20°C și la pH = 7,4.

Dozarea rațională a malțului verde la zaharificarea plămezilor din materii prime amidonoase trebuie să se facă în funcție de capacitatea sa amilolitică

Întrucât de obicei acționează ca factor limitativ activitatea α -amilazei, aceasta este cea care se ia în calcul la stabilirea cantității necesare de malț verde.

Astfel, în funcție de activitatea α -amilazică a malțului verde se poate calcula cantitatea necesară cu ajutorul formulei lui Pieper:

$$M_v = \frac{C_a \times A}{100 \times \alpha}, \text{ în care:}$$

M_v – cantitatea de malț verde necesară pentru 100 kg materie primă amidonoasă, în kg;

C_a – cifra de amilază, constantă specifică pentru fiecare tip de materie primă (de exemplu, $C_a = 1054$ pentru porumb și $C_a = 1001$ pentru grâu);

A – conținutul în amidon al materiei prime, în %;

α – activitatea α -amilazică a malțului verde în SKB.

Plecând de la această formulă, Pieper a întocmit tabele care indică cantitățile optime de malț verde pentru diferite materii prime amidonoase, în funcție de conținutul de amidon și de activitatea α -amilazică.

Exemplu de calcul. Pentru un porumb cu 60% amidon și un malț verde cu activitatea α -amilazică de 50 unități SKB, cantitatea de malț verde necesară va fi:

$$M_v = \frac{1054 \times 60}{100 \times 50} = 12,6 \text{ kg/100kg porumb}$$

Mărunțirea malțului verde. Înainte de utilizarea sa la zaharificare, malțul verde trebuie să fie cât mai bine mărunțit, astfel încât enzimele să fie trecute integral în soluție și să poată acționa cât mai repede asupra amidonului în cadrul operației de zaharificare.

Mărunțirea malțului se poate efectua în două moduri:

- în stare uscată – cu ajutorul zdrobitoarelor cu valțuri și a mașinilor de tocat cu cuțite;
- în stare umedă – cu ajutorul morilor centrifugale sau a morilor cu ciocane, când se adaugă apă la măcinare.

Măcinarea uscată este un procedeu mai vechi, care nu se mai practică în prezent în fabricile de alcool datorită manoperei ridicate și faptului că în timpul măcinării produsul se încălzește, favorizându-se dezvoltarea microorganismelor aderente. Aceste dezavantaje se elimină prin mărunțirea umedă a malțului prin care se realizează, în afară de operația de mărunțire propriu-zisă și trecerea enzimelor în soluție.

Pentru măcinarea a 100 kg malț verde sunt necesare 250-300 l apă. Pentru a se evita contaminarea cu microorganisme în cursul zaharificării datorită încărcăturii microbiologice a malțului verde, laptele de slad obținut se poate dezinfecta prin adaos de soluție de formalină 10% în cantitate de circa 3 litri la 1000 l lapte de slad cu cel puțin 30 minute înainte de utilizare. Aldehida formică este eficientă numai în primele ore de fermentare, deoarece în continuare este oxidată până la acid formic sau redusă până la metanol.

2.1.2. Preparatele enzimatice microbiene

Înșușirea anumitor mucegaiuri și bacterii de a produce în cursul dezvoltării lor, ca de altfel și cerealele care germinează, enzime amilolitice este de mult timp cunoscută în țările din Asia, în special Japonia și China. Astfel pentru prepararea băuturii sake din orez se folosește un amestec de mucegaiuri producătoare de enzime.

Primul procedeu de zaharificare a porumbului pentru obținerea alcoolului, care s-a bazat pe folosirea enzimelor microbiene, procedeu Amylo, a apărut la sfârșitul secolului trecut în Franța, servindu-se de o cultură pură din mucegai *Amylomyces rouxii*, ca agent de zaharificare în locul malțului. La scurt timp, japonezul

Takamin a obținut pe un mediu cu tărâțe de grâu prin cultivarea mucegaiului *Aspergillus oryzae*, a unui preparat enzimatic brut, din care, prin extracție cu apă și precipitare cu etanol, a rezultat un preparat enzimatic brut cu activitatea amilazică ridicată denumit takadiastază.

Aceste rezultate au reprezentat începutul fabricării enzimelor tehnice din microorganisme. Odată cu apariția procedeelelor submerse de cultivare a mucegaiurilor și bacteriilor după 1945 s-a creat posibilitatea de a se obține enzime microbiene la scară industrială mare.

Preparatele enzimatice de origine microbiană care trebuie să conțină enzimele de degradare a amidonului la glucide fermentescibile, se pot utiliza în următoarele scopuri:

- pentru lichefierea prealabilă a materiilor prime în vederea zaharificării;
- pentru înlocuirea parțială a malțului;
- pentru înlocuirea totală a malțului.

În comparație cu malțul verde, ele prezintă următoarele avantaje:

- activitate enzimatică standardizată, care se modifică puțin la depozitare;
- sunt mai sărace în microorganisme dăunătoare;
- se obțin randamente mai ridicate în alcool deoarece pot hidroliza și alte poliglucide;
- sunt necesare spații mai reduse de depozitare și transport;
- se economisesc cheltuieli legate de producerea și mărunțirea malțului verde.

Pentru obținerea de preparate enzimatice se folosesc microorganisme din genul *Bacillus* cu speciile *Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus stearothermophilus*, care produc α -amilaze termorezistente, active chiar la 90÷100°C, astfel fermentația este protejată și sunt inactivate microorganismele contaminante. Mucegaiurile selecționate pot produce α -amilaze și glucoamilaze folosite pentru zaharificarea plămezilor amidonoase sub formă de preparate brute. Se folosesc mucegaiuri din genul *Aspergillus* cu speciile *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus awamori*, *Aspergillus usami*. Poate produce glucoamilaze și drojdia *Saccharomycopsis fibuligera* (*Endomycopsis fibuligera*).

Preparatele enzimatice brute se adaugă în proporție de circa 10% în plămada ce urmează a fi zaharificată, care trebuie răcită la temperatura de 60°C. La această temperatură se menține o pauză de zaharificare de o oră după care se răcește plămada la 25÷30°C și se însămânțează cu drojdie.

Creșterea de randament în alcool care se obține prin folosirea preparatelor enzimatice microbiene se datorează faptului că acestea hidrolizează până la glucide fermentescibile, substanțe care în mod normal la zaharificare cu malț nu suferă transformări. Există chiar anumite materii prime (exemplu, făina de manioc) la care numai prin folosirea de preparate enzimatice microbiene se poate asigura o bună zaharificare și randamente optime în alcool.

Este însă necesar ca la utilizarea lor să se țină seama de condițiile optime de acțiune (pH, temperatură) în funcție de tipul de enzime pe care le conțin, astfel încât potențialul lor enzimatic să fie folosit integral.

Există mai multe firme care comercializează în prezent preparate enzimatice de origine microbiană cu utilizare în industria alcoolului: NOVO-NORDINSK (Danemarca), AMB-MANCHESTER (Marea Britanie), SOLVAY-HANOVRA (Germania). Fiecare produs comercializat este însoțit de o fișă tehnică în care sunt prezentate caracteristicile principale, domeniul de activitate enzimatică, doza de folosire și condițiile de depozitare și păstrare.

În afară de preparatele enzimatice amilolitice prezentate, se mai pot folosi, în funcție de materiile prime prelucrate, și alte preparate enzimatice: proteaze, β -glucanaze, pentozanaze, ș.a.

2.1.3. Substanțe nutritive și factori de creștere

Atât la fabricarea alcoolului cât și a drojdiilor este necesară adăugarea de substanțe nutritive care conțin azot, fosfor, magneziu, ș.a., cât și factori de creștere pentru a compensa deficitul substratului în aceste substanțe necesare în cantități bine determinate pentru nutriția drojdiei.

Sulfatul de amoniu, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, se utilizează ca sursă de azot asimilabil. Este o pulbere alb-gălbuie, cristalină, solubilă în apă, care se prepară industrial prin tratarea acidului sulfuric cu amoniac gazos. Conținutul de azot variază între 20÷21%.

Fosfatul diamoniacal tehnic (îngrășământul complex), se utilizează ca sursă de fosfor și azot asimilabil în procesul de multiplicare a drojdiei. Este un amestec de mono și diamonofosfați, $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$ și $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, cu un conținut foarte ridicat de fosfor (54% P_2O_5) și de azot (21% N_2). Este solubil în apă (42 g/100 ml la 25°C, 47,5 g/100 ml la 50°C și 51,5 g/100 ml la 70°C). Este insolubil în alcool etilic. Soluția apoasă 1% are pH-ul = 4,7, iar soluția saturată are pH-ul = 3,1. Produsul trebuie să conțină minimum 95 % substanță pură, max. 3 mg As/kg, max. 10 mg Pb/kg și max. 20 mg/kg alte metale grele.

Sulfatul de magneziu $(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$, se utilizează ca sursă de magneziu la multiplicarea drojdiei. Produsul pulbere trebuie să conțină 16,3% MgO și să nu conțină arsen mai mult de 0,0005%.

Amoniacul se comercializează sub formă de soluție de amoniac de sinteză dizolvat în apă, cu o concentrație minimă de 25%. Se utilizează ca sursă de azot și pentru corectarea pH-ului. Amoniacul se adaugă, de regulă, sub formă de apă amoniacală obținută prin diluarea amoniacului cu apă în raport de 1:5.

Superfosfatul de calciu se obține prin tratarea făinii de oase cu acid sulfuric și este un amestec format din 3 moli de fosfat monocalcic și 7 moli sulfat de calciu. Este o sursă de fosfor ce conține 16÷18% P_2O_5 . Conținutul în arsen trebuie să fie de maximum 0,006%.

Ureea este o sare solubilă în apă ce conține circa 46% azot din s.u., utilizându-se sub formă de soluție prin diluare cu apă în cantitate de 10÷12 litri la 1 kg de substanță.

Acidul ortofosforic (H_3PO_4) se utilizează ca sursă de fosfor și pentru reglarea pH-ului plămezilor. În industria drojdiei de panificație se utilizează H_3PO_4 tehnic, care să conțină minimum 73% H_3PO_4 și maximum 0,0001% As.

Clorura de potasiu (KCl) se folosește pentru corectarea plămezilor de melasă în potasiu. Trebuie să conțină minimum 57÷60% KCl pură.

Factorii de creștere. Pentru multiplicare, drojdiile sunt dependente de prezența în mediul de cultură a unor substanțe numite factori de creștere.

Biotina intervine în multe din reacțiile metabolismului glucidelor și azotului și în biosinteza proteică (în carboxilarea acidului piruvic, în sinteza acizilor nucleici, în formarea bazelor purinice și pirimidinice) și în sinteza acizilor grași.

Celula de drojdie nu este capabilă să sintetizeze biotina, dar prezența ei în mediu este necondiționat legată de o producție rentabilă. Cerința drojdiei în biotină scade parțial la prezența în mediu a aminoacizilor dicarboxilici (acid aspartic și acid glutamic). Eficacitatea aminoacizilor se mărește în condiții de aerare intensă. De exemplu, dacă la aerarea slabă a mediului, care conține aminoacizi dicarboxilici, la 100 g drojdie sunt necesare 200 μg biotină, atunci în condiții de aerare intensă sunt suficiente 50 μg. În melasă biotina se găsește în cantitate de aproximativ 80 μg/kg. Acizii grași, saturați și nesaturați cu lanț de 16 și 18 atomi de C și esterii lor etilici adăugați împreună cu acidul aspartic sunt capabili să înlocuiască biotina în creșterea drojdiilor de panificație în condiții aerobe.

Acidul pantotenic influențează metabolismul drojdiilor atât în condiții aerobe cât și anaerobe. El participă în transferul grupării acyl, ca un component al coenzimei A, în metabolismul glucidelor și al acizilor grași. Vitamina B₃ este unul din cei mai importanți stimulatori ai creșterii și activității fermentative a drojdiilor. Ea se găsește în melasă în cantități suficiente (50 ppm).

Inositolul stimulează creșterea drojdiilor, deficitul în inositol producând o slăbire a metabolismului glucozei atât în condiții aerobe cât și anaerobe. Inositolul, în special atașat de lipide, acționează ca un component structural. Activitatea fosfofructokinazei este afectată de deficitul în inositol (Ghosh și Bhattacharyya, 1967).

Tiamina catalizează decarboxilarea acizilor α-cetonici, ca acidul piruvic, acidul α-cetoglutamic, are un rol fundamental în metabolismul aerob al glucidelor. Derivatul tiaminei, tiamino-pirofosfatul este cofactor pentru multe enzime, care catalizează procesele de decarboxilare: piruvatdecarboxilaza, piruvat-dehidrogenaza. Celula de drojdie este capabilă să sintetizeze tiamina în prezența ATP și ionilor de magneziu, totuși adaosul de tiamină în mediu stimulează suplimentar creșterea culturii. Tiamina este termostabilă rezistând la sterilizarea mediului.

Piridoxina participă la decarboxilarea, dezaminarea și transaminarea aminoacizilor absorbiți, iar **acidul paraaminobenzoic** la fixarea polipeptidelor.

Riboflavina este sintetizată de către toate drojdiile. Derivații riboflavinei, cum ar fi flavinadeninucleotidul (FAD), flavinmono-nucleotidul (FMN) și alții, sunt cofactorii multor oxidoreductaze și joacă un rol important în reacțiile de oxidoreducere. Riboflavina este termostabilă. Atunci când celulele de drojdie de panificație sunt transferate din condiții anaerobe de cultură în condiții aerobe, în timpul propagării industriale, conținutul de riboflavină crește, iar creșterea este maximă în faza de creștere semiaerobă.

Produse biostimulatoare. Extractul de porumb. Extractul de porumb obținut prin concentrarea apelor de înmuiere ale porumbului și obținerea de amidon poate fi o sursă de microelemente și vitamine din grupul B. Compoziția sa este prezentată în tabelul 9.

În extract se află aminoacizi cu rol de biostimulatori și vitamine, dintre care biotina este prezentă în cantități apreciabile (150÷200 mg/100 g).

Extractul de porumb folosit la fabricarea drojdiei de panificație cu un consum de 60 kg/t melasă, poate crește productivitatea cu 4÷6%, în schimb prezintă inconvenientul că este un produs deficitar și este folosit preponderent în industria antibioticelor. Se constată de asemenea că proteinele din extract pot lega biotina într-o formă inaccesibilă pentru celula de drojdie.

Extractul apos din rădăcele de malț. Prin obținerea de extracte 1:10 și păstrare 2 ore la 50°C și filtrare, filtratul poate conține 1,9% glucide/s.u. și 2,3% azot solubil/s.u. Prin concentrare la 50% substanță uscată se poate conserva. Rădăcelele de malț conțin vitamine din grupul B, vitamina E, provitaminele A și D, biotină și aminoacizi cu rol biostimulativ

Germeii de cereale (grâu și porumb). Germeii de cereale sunt subproduse rezultate din procesul de măcinare, în proporție de până la 10% din greutatea cerealelor supuse prelucrării.

Germeii de cereale conțin pe lângă lipide, protide, numeroase substanțe care îndeplinesc rolul de factori de creștere pentru drojdiile (vitamine și aminoacizi), și conțin în cenușă, microelemente cu rol de activatori ai enzimelor celulare participante la metabolismul fermentativ/oxidativ al drojdiei (tabelul 11).

Germeii de grâu sunt utilizați și ca sursă de vitamină E. Valorificarea principală a germeilor de porumb o constituie extragerea uleiului care are un conținut ridicat de acid linoleic și, prin aceasta, proprietăți dietetice.

Germeii de porumb se caracterizează și prin conținut deosebit de valoros în substanțe minerale, cu rol de biostimulatori (tabelul 12).

2.1.4. Acidul sulfuric

Acidul sulfuric se utilizează pentru corectarea Ph-ului mediilor de cultură. Are o concentrație de circa 96÷98% substanță pură. Se folosește acid sulfuric obținut prin procedeul de contact care conține o cantitate redusă de arsen de max. 10 mg/kg. Întrucât la diluarea acidului sulfuric se dezvoltă o cantitate mare de căldură este interzis să se toarne apă în acid, ci în mod treptat acid în apă, sub agitare.

2.1.5. Substanțele antispumante

La fabricarea alcoolului și în special a drojdiei de panificație și furajere se formează cantități mari de spumă datorită coloizilor din melasă care se dispun la suprafața bulelor de aer care barbotează în mediu, stabilizând spuma formată. Cu cât melasa este mai bogată în substanțe coloidale și deci insuficient limpezită cu atât cantitatea de spumă formată este mai mare.

Substanțele antispumante se utilizează pentru împiedicarea formării spumei sau pentru distrugerea spumei deja formate. Ca antispumanti se utilizează acidul oleic, uleiul siliconic, octadecanolul, polipropilenglicolul, hidrocarburi parafinice, ș.a.

Substanțele antispumante folosite trebuie să fie inofensive pentru drojdie sau chiar asimilabile, să nu producă murdărirea utilajelor și conductelor tehnologice și să nu influențeze negativ asupra aspectului exterior, gustului și mirosului drojdiei de panificație.

2.1.6. Substanțele antiseptice și dezinfectante

Atât la fabricarea alcoolului cât și a drojdiei sunt folosite o serie de substanțe cu acțiuni antiseptică sau dezinfectantă.

Substanțele antiseptice se folosesc pentru combaterea microorganismelor de contaminare în cursul fermentației plămezilor, în doze bine stabilite, la care să nu fie influențată negativ activitatea fermentativă a drojdiei.

Dintre antisepticii mai des utilizați sunt acidul sulfuric, formalina și pentaclorfenolatul de sodiu.

Prin adăugare de **acid sulfuric** în plămezile de drojdie se creează o aciditate ridicată care inhibă dezvoltarea bacteriilor de contaminare, în timp ce activitatea drojdiei este puțin influențată. Prin tratarea laptelui de drojdie cu acid sulfuric până la un pH scăzut de 2,0÷2,4 se realizează, de asemenea, o purificare a drojdiei în vederea însămânțării.

Formalina se folosește ca antiseptic în special la fermentarea plămezilor din cereale și cartofi, fiind utilizată în doze de 0,015÷0,02% față de plămădă.

Pentaclorfenolatul de sodiu se utilizează ca antiseptic la fermentarea plămezilor de melasă în cantități de 60÷90 g/tona de melasă, sub forma unei soluții alcoolice cu concentrația de 12÷17% substanță pură. Prin adaos de pentaclorfenolat de sodiu se pot fermenta plămezile din melasă fără sterilizare termică. Nu se recomandă folosirea acestui antiseptic atunci când din borhotul obținut de la fabricarea alcoolului din melasă urmează să se producă drojdie furajeră, deoarece antisepticul se acumulează în drojdie și este dăunător pentru animale și păsări.

Substanțele dezinfectante cele mai des utilizate pentru combaterea microflorei de contaminare la fabricarea alcoolului și a drojdiei sunt: formalina, clorura de var, laptele de var, soda caustică și soda calcinată.

Formalina se folosește ca dezinfectant în soluții cu concentrația de 3÷5% aldehydă formică și chiar până la 10% pentru dezinfectarea conductelor și utilajelor tehnologice. Fiind o substanță volatilă, se sporește eficiența ei prin introducerea de abur în urma tratamentului cu formalină.

Clorura de var se folosește sub formă de suspensie în apă cu concentrația de 1-3%, cu care se stropește suprafețele utilajelor și încăperilor tehnologice. Celelalte substanțe se folosesc în concentrații asemănătoare de 1,5÷5%.

2.1.7. Alte materii auxiliare

Substanțe chimice utilizate pentru creșterea perioadei de păstrare a calității drojdiei:

- **Acid lactic concentrat (90%)**, obținut prin sinteză industrială. În industria alimentară se folosește ca agent de acidifiere la obținerea sucurilor, esențelor și produselor de patiserie, la conservarea cărnii, peștelui, legumelor și a măslinelor verzi, pentru corectarea pH-ului plămezilor în tehnologii fermentative.
- **Acidul ascorbic**, agent reducător utilizat în panificație, pentru îmbunătățirea elasticității și rezistenței aluatului în condițiile folosirii făinurilor slabe. Se mai folosește ca antioxidant la obținerea conservelor din fructe și legume, sucurilor și nectarurilor de fructe, în doze variate care ajung până la 1000 mg/kg produs conservat.
- **Acid acetic concentrat (96%)**, obținut prin distilarea lemnului, precum și prin sinteză din acetilenă, prin intermediul aldehydei acetice. Industria alimentară consumă mari cantități de acid acetic, drept conservant și condiment, doza maximă admisă fiind de 40 g/kg conserve (conservarea legumelor, fabricarea dressingurilor pentru salate, a sosurilor, maionezelor, semiconservelor de pește de tip marinate, a salamurilor uscate cu aciditate mai mare).
- **Acidul formic**. Adaosul unei cantități mici de acid formic și formiat de sodiu conduce la accelerarea respirației aeriene și fermentației anaerobe a drojdiei de panificație, de bere. Se mai utilizează ca antiseptic pentru conservarea sucurilor de fructe, fiind permis în concentrații de 0,25%, pentru

conservarea icrelor de pește în concentrații de 1000 mg/kg și pentru dezinfectia recipientilor în industria vinului.

- **Apa oxigenată** se folosește ca dezinfectant (soluție 3% în apă). În concentrație de 30% în apă poartă denumirea de perhidrol.
- **Benzoatul de sodiu** se utilizează drept conservant la fabricarea maionezei, margarinei, conservelor de legume și fructe în doze până la 1000 mg/kg. Produsul pentru uz alimentar trebuie să conțină minimum 99,5% $C_7H_5NaO_2$.
- **Bisulfitul de sodiu**, utilizat în industria alimentară la fabricarea cartofilor prăjiți congelați (50 mg/kg), a sucurilor concentrate de fructe (500 mg/kg).
- **Clorura de amoniu**
- **Clorura de magneziu**
- **Iodatul de potasiu** se folosește în industria panificației ca agent de oxidare (0,0075 părți în greutate KIO_3 la 100 părți în greutate făină). Este solubil în apă și insolubil în alcool (Banu, C. et al., 1985).

2.2. UTILITĂȚI

2.2.1. Apa

Este folosită în cantități mari atât ca apă tehnologică pentru diluarea melasei și a acidului sulfuric, dizolvarea substanțelor nutritive și spălarea biomasei de drojdie, spălarea utilajelor, cât și ca apă de răcire a linurilor de fermentare și multiplicare a drojdiilor.

Apa tehnologică trebuie să îndeplinească condițiile unei ape potabile. Apa folosită în operații fără transfer de căldură, îndeosebi la spălări, fără tratare cu dezinfectanți trebuie să aibă un grad de puritate microbiologică ridicat. Conținutul mare de săruri din apă influențează negativ înmulțirea drojdiei.

În industria alcoolului, concentrația impurităților din apă și proprietățile lor influențează decisiv procesul tehnologic al producerii alcoolului. Clasificarea apei din punct de vedere al compatibilității sale cu producerea alcoolului este dată în tabelul 13. Apa folosită la fabricarea drojdiei de panificație nu trebuie să conțină amoniac, hidrogen sulfurat, conținutul în oxid de calciu și oxid de magneziu nu trebuie să depășească 180÷200 mg/l, iar conținutul în substanțe organice să fie sub 40÷50 mg/l. Apa este supusă și unui control microbiologic pentru stabilirea conținutului în germeni dăunători fermentației: bacterii lactice, drojzii sălbatice, bacterii coliforme, ș.a. În tabelul 14 sunt prezentați indicatorii de calitate ai apei pentru obținerea drojdiei de panificație. În ceea ce privește apa de răcire, care ocupă o pondere foarte mare în consumul de apă în fabricile de alcool și drojdie, aceasta nu trebuie să îndeplinească condițiile apei potabile. Se cere însă să aibă o temperatură și o duritate cât mai scăzute. Cu cât temperatura apei de răcire este mai scăzută cu atât este necesar un consum mai mic de apă. Apa cu duritate mare depune piatră pe suprafețele de schimb de căldură micșorând astfel coeficientul de transfer de căldură, ceea ce necesită mărirea debitului de apă.

2.2.2. Aerul tehnologic

În fabricile de alcool și drojdie aerul este folosit în primul rând pentru asigurarea necesarului de oxigen al drojdiei în cursul fermentării plămezilor din melasă sau a multiplicării drojdiei de panificație sau a drojdiei furajere.

Aerul comprimat mai este utilizat pentru aerarea grămezilor în cursul germinării orzului pentru alcool și pentru transportul pneumatic al porumbului, orzului și a acidului sulfuric.

Pentru obținerea aerului comprimat se folosesc compresoare, suflante de aer, turbosuflante. Ele trebuie să fie dimensionate încât să poată acoperi necesarul de aer în orele de vârf de consum. Aerul este aspirat din zone cu aer mai curat și trecut mai întâi printr-un filtru grosier, după care este sterilizat prin trecerea printr-un filtru cu vată și ulei bactericid. În cazurile în care nu se poate purifica întreaga cantitate de aer, este necesar ca cel puțin aerul folosit în secția de culturi pure să fie steril.

3. TEHNOLOGIA FABRICĂRII ALCOOLULUI DIN MELASĂ

Obținerea plămezilor fermentate din melasă cuprinde trei etape principale:

- pregătirea melasei pentru fermentare;
- pregătirea drojdiei pentru fermentare;
- fermentarea plămezii principale.

Recepția melasei constă în verificarea greutății melasei înscrise în actul de transport de către fabrica de zahăr furnizoare.

Prin recepția calitativă se urmărește asigurarea aprovizionării fabricii cu melasă de bună calitate. Principalele analize la care este supusă melasa la recepție sunt următoarele: aspectul, mirosul, consistența, culoarea, pH, conținutul de substanță uscată, densitatea, conținutul de zahăr total și zahăr invertit, aciditatea volatilă, nitriții și numărul de microorganisme dintr-un gram de melasă.

Pentru reglementarea modului de plată al melasei s-a stabilit un nivel de referință al conținutului de zahăr. Astfel, prețul unei tone de melasă este fixat pentru un conținut de referință de 50% zaharoză.

Depozitarea melasei se realizează în rezervoare metalice de capacitate cuprinsă între 500÷2000 tone. Pentru a mări fluiditatea melasei se utilizează abur, atât pentru descărcarea din cisterne, cât și pentru alimentarea fabricii cu melasă din rezervoarele de depozitare. Din jumătate în jumătate de metru, pe toată înălțimea, rezervorul de depozitare este prevăzut cu robinete pentru luarea probelor de melasă, probe care se prelevează decadal.

În timpul depozitării, în masa de melasă pot avea loc fenomene de degradare, datorită unor procese chimice și biochimice. Intensitatea cu care se produc aceste procese depinde, pe de o parte, de gradul de contaminare microbiană și de compoziția melasei, iar pe de altă parte de condițiile de depozitare.

În cazul depozitării îndelungate a melasei, datorită proceselor biochimice care au loc, apar următoarele fenomene:

- scăderea conținutului în substanță uscată și a cantității de zahăr din melasă;
- creșterea acidității și a cantității de zahăr invertit.

Aceste fenomene sunt inerente, chiar și în cazul melaselor normale, care la o depozitare în condiții corespunzătoare, după o perioadă de trei luni, pierd circa 0,5% din masa inițială.

Pentru prevenirea pierderilor anormale, în timpul păstrării melasei, trebuie să se respecte următoarele condiții de depozitare:

- în rezervorul de depozitare trebuie să se introducă numai melasă de calitate corespunzătoare;
- melasa trebuie să fie depozitată în rezervoare închise, curățate și dezinfectate;
- trebuie să se evite diluarea melasei cu apă provenită din precipitații, deoarece la o concentrație scăzută în substanță uscată (sub 70⁰Bx) încep fenomenele de fermentație;
- în timpul lunilor cu temperatură ridicată trebuie să se urmărească temperatura în rezervor, astfel încât aceasta să nu depășească 40⁰C;
- laboratorul fabricii trebuie să efectueze decadal controlul temperaturii, controlul fizico-chimic și lunar controlul microbiologic al melasei.

Depozitarea melasei. Melasa se depozitează în rezervoare metalice de capacitate cuprinsă între 500÷2000 tone.

În figura 2 este redată schema unei instalații de descărcare și depozitare a melasei. Melasa din cisterna 1 este încălzită cu abur direct prin conducta de abur 2. Când melasa a devenit suficient de fluidă, se deschide ventilul de pe racordul de golire 3. Prin conducta 5, melasa ajunge în rezervorul de descărcare 6, care este amplasat sub nivelul solului.

Pompa 7, care poate fi cu roți dințate sau cu piston, absoarbe melasa din rezervorul 6 și, prin conducta 8, o refulează pe la partea superioară, în rezervorul de depozitare 9. Melasa este scoasă din rezervorul de depozitare prin conducta 10 și, cu aceeași pompă 7 este recirculată sau prin racordul 11 este pompată în rezervorul din fabrică.

În timp de iarnă, când vâscozitatea melasei este mare, pentru a ușura scurgerea acesteia din rezervorul de depozitare se încălzește cu abur indirect, prin serpentina 12, montată în dreptul orificiului de golire. Rezervorul de descărcare are capacitatea de 35÷40 m³, pentru a asigura golirea completă a două cisterne de melasă.

La începutul campaniei, înainte de introducerea melasei, rezervorul trebuie spălat și dezinfectat.

În tot timpul depozitării melasei, capacul 13 de la partea superioară a rezervorului trebuie să fie închis, pentru a nu permite pătrunderea apei din precipitații în melasă.

Pentru măsurarea volumului de melasă, rezervorul de depozitare este prevăzut cu o riglă gradată 14, montată vertical în exterior. Pe aceasta glisează un cursor indicator 15, care este pus în legătură printr-un cablu multifilar cu plutitorul 16.

Rigla gradată este marcată în centimetri, începând de la partea superioară spre baza rezervorului. Când rezervorul de depozitare este plin, cursorul 15 se găsește la baza rezervorului.

Din jumătate în jumătate de metru, pe toată înălțimea, rezervorul de depozitare este prevăzut cu robinete pentru luarea probelor de melasă.

3.1. PREGĂTIREA MELASEI ÎN VEDEREA FERMENTAȚIEI

Pregătirea melasei în vederea fermentației cuprinde următoarele operații necesare pentru transformarea melasei într-un mediu fermentescibil de către drojdie:

- diluarea;
- neutralizarea și acidularea;
- adăugarea substanțelor nutritive;
- limpezirea melasei. Schematic instalația de pregătire a melasei pentru fermentație se prezintă ca în figura 3.

Din rezervorul de depozitare exterior, melasa este pompată în rezervorul tampon 1, amplasat la nivelul cel mai de sus al secției. Melasa trece în continuare prin curgere liberă în rezervorul 2 montat pe cântarul 3 pentru stabilirea cantității de melasă prelucrată. De aici se separă melasa pentru prefermentare, care este diluată, acidulată, corijată cu substanțe nutritive și limpezită în vasele 4 și 5 și melasa pentru fermentare care este diluată în vasele 6 și 7 și apoi trece direct la fermentare fără alte operații pregătitoare.

3.1.1. Diluarea melasei

Melasa ca atare este foarte vâscoasă și are un conținut ridicat de zahăr. În aceste condiții, drojdiile nu pot transforma zahărul în alcool și dioxid de carbon. Pentru a realiza concentrația optimă de zahăr pentru drojdi și pentru a mări fluiditatea melasei, aceasta se diluează cu apă potabilă.

De obicei, în fabricile de alcool de melasă se lucrează cu două plămezi:

- plămada pentru prefermentare de 12÷16⁰Bllg;
- plămada pentru fermentare de 30÷34⁰Bllg.

În practică, melasa pentru prefermentare și pentru fermentare se diluează mai întâi la circa 60⁰Bllg în vasele 4 și respectiv 6 prevăzute cu un racord pentru apa de diluare și cu un barbotor 8 prin care se introduce aer comprimat pentru omogenizare sau abur pentru sterilizare.

Înainte de melasă se introduce în vase apă în cantitatea necesară pentru a se ajunge la 60⁰Bllg și apoi se introduce melasa sub aerare pentru o amestecare cât mai bună cu apă.

În vasul 4 destinat melasei pentru prefermentare se face în continuare acidularea melasei cu acid sulfuric, adăugarea de substanțe nutritive, după care melasa este trecută în vasul 5, diluată în continuare până la 12÷16⁰Bllg și limpezită.

Melasa pentru fermentare de 60⁰Bllg din vasul 6 trece în vasul 7 unde se face în continuare diluarea cu apă până la 30÷34⁰Bllg, limpezire și apoi trece la fermentare.

În practica industrială, gradul de diluare al melasei se determină cu ajutorul zaharometrului Balling.

Diluarea melasei de 60⁰Bllg până la concentrațiile necesare pentru prefermentare și fermentare se poate face și cu ajutorul unor eprubete de diluare montate pe conductele de melasă, formate dintr-o țevă cu diafragme în care intră pe la un capăt melasa și lateral apa și eventual substanțele nutritive. Prin reglarea debitului de alimentare cu melasă și apă se poate realiza concentrația dorită a melasei diluate, iar prin dispunerea excentrică a orificiilor diaframelor se asigură o omogenizare cu apă.

3.1.2. Neutralizarea și acidularea melasei

Datorită reacției ușor alcaline a melasei este necesară neutralizarea și acidularea acesteia până la pH-ul de fermentație de 4,5÷5, uneori chiar la un pH mai scăzut.

Această operație se execută în practică prin adăugare de acid sulfuric, realizându-se astfel:

- un pH optim pentru activitatea drojdiilor;
- acidul sulfuric în exces contribuie la limpezirea melasei, determinând depunerea suspensiilor fine;
- acidul sulfuric are rol de antiseptic, drojdiile fiind rezistente la pH-uri scăzute, la care alte microorganisme nu rezistă;
- acidul sulfuric descompune nitriții și sulfii care sunt substanțe inhibitoare pentru drojdi.

Consumul de acid sulfuric total pentru neutralizare și acidulare este de 2÷7 litri acid sulfuric concentrat pe tona de melasă.

Prin folosirea de antiseptici la fermentare se poate reduce cantitatea de acid sulfuric care este corosiv și se manipulează greu.

3.1.3. Adăugarea substanțelor nutritive

Pentru compensarea deficitului de azot asimilabil al melasei se pot folosi sulfatul de amoniu, îngrășământul complex, amoniac sau uree, care se adaugă în proporție de circa 0,1% azot față de melasă.

Necesarul de fosfor se poate asigura prin adaos de superfosfat de calciu sau îngrășământ complex în doză de circa 0,2% P₂O₅ față de melasă.

În unele cazuri se adaugă și Mg sub formă de sulfat de magneziu în proporție de 0,2÷0,8% MgSO₄ față de melasă.

Substanțele nutritive se adaugă sub agitare ca soluție limpede obținută prin dizolvare sau sedimentare, numai în melasa pentru prefermentare din vasul 4, calculându-se însă față de întreaga cantitate de melasă utilizată în procesul tehnologic.

3.1.4. Limpezirea și sterilizarea melasei

Melasa acidulată și îmbogățită în substanțe nutritive este supusă în continuare operației de limpezire, prin depunerea coloizilor care au fost aduși la punctul izoelectric și precipitați prin adăugarea acidului sulfuric. Astfel, ionii de hidrogen ai acidului sulfuric neutralizează sarcinile pozitive ale coloizilor favorizând procesul de limpezire.

Limpezirea cu acizi a melasei se poate realiza prin două procedee:

- procedeul la rece;
- procedeul la cald.

Procedeul de limpezire la rece se folosește pentru melasele cu compoziție normală și decurge astfel: melasa acidulată și corectată cu substanțe nutritive, diluată la 12÷16⁰Bllg în vasul 5, este lăsată să se limpezească prin sedimentarea suspensiilor și coloizilor precipitați timp de 12÷20 ore la rece, decantându-se melasa limpede de deasupra, care este trecută la prefermentare.

Limpezirea la cald a melasei este cea mai răspândită metodă de limpezire, întrucât se realizează concomitent și un efect de pasteurizare a melasei cât și îndepărtarea unor substanțe dăunătoare drojdiei.

În acest scop, melasa diluată din vasul 5 se încălzește până la fierbere prin barbotare de abur, după care este lăsată să se limpezească timp de 8÷12 ore la temperaturi de 70÷90⁰C. Pentru limpezirea melasei se mai pot folosi procedeele de cleire prin adăugare de bentonită, ș.a.

Melasele puternic contaminate se sterilizează timp de o oră prin fierbere cu un adaos mai mare de acid sulfuric și sub agitare. Pentru oxidarea nitriților și sulfiiților se poate adăuga și clorură de var în cantitate de 0,6÷0,9 clor activ/tona de melasă.

Pentru limpezirea melasei se pot utiliza și separatoare centrifugale, realizându-se o productivitate mult mai mare, spațiu redus, fiind ușor de deservit. Ele însă nu pot înlocui metoda de limpezire în mediu acid la cald, mai ales în cazul melaselor defecte.

Cantitatea de sediment rezultată după limpezirea melaselor normale este de 0,3÷0,5%. Limpezirea melasei pentru pregătirea drojdiei și prefermentare este absolut necesară, deoarece suspensiile fine se depun pe membrana celulei de drojdie împiedicând pătrunderea zahărului și a celorlalte substanțe nutritive în celulă, unde are loc fermentația.

3.2. PREGĂTIREA DROJDIILOR PENTRU FERMENTAREA PLĂMEZILOR DIN MELASĂ

La fabricarea alcoolului din diferite materii prime, principalul obiectiv urmărit este obținerea de randamente superioare în alcool. Printre factorii de care depinde calitatea alcoolului și randamentul în alcool, alături de calitatea materiei prime, alegerea și respectarea celui mai adecvat proces tehnologic, un rol deosebit îl are drojdia utilizată la fermentarea plămezelor. Pentru fermentare în condiții industriale se utilizează tulpini din speciile *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces carlsbergensis*, *Schizosaccharomyces pombe* și *Kluyveromyces sp.* Criteriile de caracterizare și selecționare a drojdiilor pentru fabricarea alcoolului sunt:

- capacitatea de fermentare;
- viteza de fermentare;
- toleranța la alcool;
- osmotoleranța;
- capacitatea de formare a produșilor secundari de fermentație;
- rezistența față de conservanți;
- rezistența față de produsele elaborate de microbiota de contaminare.

Pentru realizarea de randamente superioare s-a impus obținerea de mutații prin utilizarea de agenți chimici. Aceste tulpini conțin ADN modificat mitocondrial și este inhibată producția de enzime necesare pentru metabolismul aerob.

În industria alcoolului, ca și în industria berii, se lucrează cu culturi pure de drojdie, obținute plecând de la o singură celulă de drojdie, care se multiplică în condiții sterile în trei faze:

- faza de laborator;
- faza din secția de culturi pure;
- prefermentarea melasei,

obținându-se în final o cantitate suficientă de plămadă de drojdie necesară pentru însămânțarea plămezii principale.

Activitatea fermentativă a drojdiei este influențată, în timpul multiplicării în fabrică, de următorii factori:

- compoziția plămezii, care trebuie să asigure necesarul de substanțe nutritive pentru drojdie (glucide, aminoacizi, substanțe minerale, vitamine);
- compoziția plămezii;
- temperatura. Temperatura optimă este de 30÷35°C, în practică însă fermentarea se conduce la temperaturi mai scăzute de 28÷30°C, datorită pericolului de contaminare cu microorganisme străine;
- pH-ul plămezii – optim pentru activitatea drojdiei este cuprins între 4,5 și 5,5;
- alcoolul acumulat în plămadă în cantitate peste 4÷5% încetinește multiplicarea drojdiei, în timp ce activitatea fermentativă a drojdiei poate avea loc până la concentrații ridicate în alcool de 15%, sau chiar mai mult în funcție de drojdia utilizată;
- microorganismele de contaminare sunt dăunătoare atât pentru consumul de zahăr, pentru metabolismul lor propriu, determinând astfel scăderea randamentului în alcool, cât și prin produsele de metabolism toxice pentru drojdie pe care le formează.

3.2.1. Multiplicarea drojdiei în laborator

Se urmărește obținerea în laborator a unor culturi de celule cât mai omogene, în ceea ce privește metabolismul, randamentul, viteza de înmulțire, capacitatea de reproducere și calitatea produsului finit. Înmulțirea culturilor se efectuează treptat, primele faze realizându-se în laborator și în continuare, în stația de culturi pure a producătorului de drojdie de panificație.

Menținerea purității se realizează prin izolarea de celule individuale din culturi ce s-au comportat bine, din probe preluate din ultima fază de multiplicare. Pentru izolarea de celule se practică, în funcție de mediul nutritiv, metode cu substrat lichid (Lindner și Hansen) și metode cu substrat solid (Koch și Hansen).

După izolare se trece la verificarea purității culturilor izolate, vizual cu ajutorul microscopului și prin însămânțări pe suprafața mediului nutritiv, solidificat în plăci Petri. Prin controlul vizual al eprubetei, se poate observa uniformitatea creșterii și prezența indicatorilor morfologici caracteristici pentru specia izolată. Prin control microscopic, în preparate umede se observă forma celulelor și absența microorganismelor de contaminare.

Înainte de a fi introdusă în fabricație, cultura pură de laborator se analizează și din punct de vedere al aspectului, a numărului de celule moarte, pentru a avea siguranța că este corespunzătoare. Drojdia pură trebuie să fie sedimentată într-un strat compact pe fundul vasului; când drojdia este răspândită în masa lichidului și aglomerată în flocoane vizibile, denotă faptul că mediul de cultură a fost contaminat. Celulele de drojdie moarte se identifică cu ajutorul metodei de colorare cu soluție de albastru de metilen.

3.2.2. Multiplicarea drojdiei în secția de culturi pure

În scopul acumulării cantității de drojdie necesară pentru prefermentarea și fermentarea melasei, cultura pură de laborator se multiplică în continuare în secția de culturi pure a fabricii în vase speciale de multiplicare.

În fabricile de alcool din melasă multiplicarea drojdiei se realizează în două faze.

Vasul pentru faza I este de formă cilindrică, construit din cupru sau din oțel inoxidabil și are capacitatea de 100 litri. Capacul 1 care se prinde cu șuruburile 2 de corpul cilindric al vasului este demontabil pentru a permite curățirea și spălarea la interior.

Pe capac se află racordul 3 pentru introducerea de apă caldă din conducta 4, sau de apă rece din conducta 5. Melasa diluată se introduce prin racordul 6, iar aerul prin racordul 7, prevăzut cu un filtru de aer 8. Cultura pură de drojdie din laborator se introduce prin racordul 9 care se închide cu un capac cu filet.

Răcirea vasului se realizează prin serpentina exterioară 10, perforată, orificiile fiind orientate spre pereții vasului.

Apa de răcire este colectată de jgheabul 11 și eliminată la canal sau recuperată prin racordul 12. Aerul este distribuit în mediul din vas prin conducta perforată 13. Aburul pentru sterilizarea vasului sau a mediului se introduce pe la baza vasului prin racordul 14, care are legătura cu racordul 15, prin care se golește vasul. Dioxidul de carbon format în timpul fermentării se elimină prin conducta 16, care pătrunde într-un vas cu apă 17. Temperatura din interiorul vasului se urmărește cu un termometru introdus în tubul 18. Nivelul plămezii din vas se urmărește prin vizorul 19. Probele de plămadă se prelevează prin robinetul 20.

În raport cu capacitatea fabricii de alcool, vasele din prima fază de multiplicare pot fi în număr de două sau trei.

Vasele din faza a II-a de multiplicare sunt de construcție asemănătoare, dar au o capacitate de 10 ori mai mare (1000 litri) și mai sunt prevăzute cu racord pentru introducerea drojdiilor din prima fază și serpentina interioară de răcire a vasului. Numărul vaselor de multiplicare a drojdiilor din a doua fază trebuie să fie identic cu cel al vaselor din prima fază.

3.2.3. Prefermentarea plămezilor din melasă

Pentru obținerea unei cantități mari de drojdie, în vederea însămânțării plămezii principale de melasă, este necesar ca drojdia să se multiplice în continuare până ce se ajunge la o cantitate de plămadă de drojdie reprezentând 35÷50% din plămada principală. Deoarece în această ultimă etapă de multiplicare a drojdiei o cantitate importantă de zahăr se transformă în alcool etilic, ea poartă denumirea de prefermentare.

Prefermentarea plămezilor din melasă se poate realiza în două moduri:

- prefermentarea discontinuă;
- prefermentarea continuă.

Instalația este formată din două sau trei vase metalice de formă cilindrică sau paralelipipedică, prevăzute cu racorduri de intrare a melasei tratate, a apei de răcire, a aerului, a aburului și a plămezii de drojdie din faza precedentă și cu conducte de evacuare a plămezii prefermentate și a dioxidului de carbon degajat.

Înainte de folosire vasele de prefermentare se curăț, se spală, se dezinfectează și se sterilizează cu abur. După răcirea vaselor la 30÷32°C se aduce plămada de drojdie din faza a II-a de multiplicare stație culturi pure fabrică.

Prefermentarea discontinuă se realizează prin introducerea plămezii de melasă de 12⁰Bllg în mai multe porțiuni, procesul de fermentare având loc sub aerare moderată pentru a stimula activitatea drojdiilor.

Se completează mai întâi cu melasă de 12⁰Bllg circa 25% din volumul util al vasului și se face o prefermentare la 28÷30°C până ce extractul aparent al plămezii a ajuns la circa 7⁰Bllg. În acest moment se adaugă o nouă cantitate de melasă, până ce se ajunge la 50% din volumul util al vasului, așteptând să scadă din nou extractul la 7⁰Bllg. Se mai adaugă similar o nouă porțiune de melasă până la 75% din capacitate și apoi până la umplerea vasului de prefermentare.

În momentul în care extractul aparent a scăzut la 7⁰Bllg se trece ½ din conținutul primului vas de prefermentare în cel de-al doilea vas și se continuă alimentarea cu melasă în mod similar în porțiuni a ambelor vase până ce s-au umplut cu plămadă, iar extractul aparent a scăzut la circa 7⁰Bllg. Conținutul unuia din vase este trecut într-un lin de fermentare, iar plămada din celălalt prefermentator se împarte din nou în două părți egale și se reia ciclul de fermentare.

Prefermentarea continuă se realizează în mod asemănător, cu deosebirea că după introducerea plămezii de drojdie în primul vas de prefermentare, se introduce în mod continuu plămadă de melasă de 12⁰Bllg, debitul fiind astfel reglat încât în timpul prefermentării să se mențină un extract aparent de 7,5÷8⁰Bllg și temperatura de 28÷30°C. Când primul vas s-a umplut se oprește alimentarea cu plămadă, se lasă să scadă extractul la 6,5÷7⁰Bllg și se face egalizarea conținutului cu cel de-al doilea prefermentator.

Se continuă alimentarea cu plămadă a ambelor prefermentatoare, iar după umplerea lor, plămada de drojdie din primul prefermentator este trecut într-un lin de fermentare, iar cea din vasul 2 se egalizează cu vasul 1.

Ciclul de prefermentare a unui vas este de circa 4 ore, în urma prefermentării rezultând o cantitate mare de plămadă de drojdie ce reprezintă circa 40% din plămada totală. În timpul prefermentării se urmărește concentrația plămezii, aciditatea cât și aspectul drojdiei prin control microbiologic.

3.3. FERMENTAREA PLĂMEZILOR DIN MELASĂ

Fermentarea este operația tehnologică prin care zaharoza din melasă este transformată de către drojdiile în alcool și dioxid de carbon ca produse principale.

Pentru fermentarea melasei se folosesc atât procedee discontinue cât și continue.

Fermentarea discontinuă a plămezilor din melasă se realizează în linuri de fermentare, răcite de obicei prin stropire exterioară.

Melasa pentru fermentare suferă numai o diluare la 30÷34⁰Bllg, fără să fie acidulată, corectată cu substanțe nutritive și sterilizată termic.

În linul de fermentare se aduce mai întâi plămada de drojdie dintr-un prefermentator peste care se adaugă în mod treptat melasa diluată.

În funcție de modul de alimentare cu melasă deosebim, ca și la prefermentare, două procedee de fermentare discontinuă:

- procedeul cu alimentare periodică;
- procedeul cu alimentare continuă.

3.3.1. Procedeul de fermentare cu alimentare periodică

După ce s-a introdus cultura de drojdie din prefermentator în vasul de fermentare, melasa diluată la circa 30⁰Bllg se adaugă în trei etape. La fiecare adaos, cantitatea de melasă trebuie astfel dozată, încât plămada din vas, după omogenizare cu aer, să aibă 7,5÷8⁰Bllg.

Când concentrația plămezii ajunge la 6÷6,5⁰Bllg, se începe alimentarea cu o nouă porțiune de plămadă.

După prima și a doua alimentare se insuflă aer în vasul de fermentare timp de 60 minute pentru omogenizarea plămezii. După ultima alimentare care se face cu 6÷8 ore înainte de trecerea plămezii la distilare, aerul se insuflă 15÷20 minute. Nu se depășește această durată de aerare a plămezii, pentru a se evita pierderile de alcool prin antrenare cu aer.

În funcție de calitatea melasei și a drojdiei folosite, precum și de modul cum este condus procesul tehnologic, de la ultima alimentare când vasul este umplut la volumul util, fermentarea are o durată de 20÷28 de ore.

În timpul fermentării, temperatura plămezii trebuie să fie menținută între 28 și 30⁰C, folosind sistemul de răcire a vasului ori de câte ori temperatura tinde să crească peste 30⁰C.

Cel puțin o dată la 4 ore se face un control privind evoluția concentrației (⁰Bllg), a temperaturii, acidității și controlul microscopic, rezultatele trebuind să fie înscrise în registrul de fabricație al secției.

Fermentația melasei este terminată când concentrația mediului scade la 5,6÷6,5⁰Bllg. În acest moment, melasa fermentată din vas este trecută într-un vas colector, din care este apoi trecută la distilare pentru extragerea alcoolului.

3.3.2. Procedee continue de fermentare

În urma cercetărilor efectuate pe plan mondial și în țara noastră, s-au pus la punct procedee continue de fermentare a plămezilor din melasă.

Rezolvarea problemei fermentării continue este strâns legată de combaterea contaminărilor, care se poate face prin adăugare de antiseptici în doze care să fie inhibitoare pentru microorganismele de contaminare, dar suportate de drojdie.

Dintre antisepticii experimentați, cele mai bune rezultate s-au obținut prin folosirea pentaclorfenolatului de sodiu în cantități de 60÷90 g/tona de melasă. Antisepticul se adaugă sub formă de soluție alcoolică cu concentrația în substanța activă de 12÷17%, de regulă în melasă diluată la 60⁰Bllg. Prin folosirea lui este posibil să se realizeze fermentația continuă a melasei fără sterilizare termică, cu condiția ca drojdia să fie adaptată în prealabil cu antisepticul.

Procedeele de fermentare continuă a melasei se pot împărți în două grupe:

- procedee fără reutilizarea drojdiei;
- procedee cu separarea și reutilizarea drojdiei.

3.3.2.1. Procedee fără reutilizarea drojdiei

Dintre procedeele de fermentare continuă a melasei fără reutilizarea drojdiei se cunosc următoarele:

- procedeul cu două plămezi și două concentrații diferite și anume:
 - la prefermentare 12÷16⁰Bllg;
 - la fermentare 30÷34⁰Bllg;
- procedeul cu o plămadă și o concentrație de 23⁰Bllg;
- procedeul cu două plămezi și o singură concentrație de 23⁰Bllg.

Procedeul cu două plămezi și două concentrații se caracterizează prin folosirea unei plămezi pentru prefermentare cu o concentrație mai scăzută de 12÷16⁰Bllg și a unei plămezi concentrate de melasă pentru fermentare de 30÷34⁰Bllg. Antisepticul se adaugă în aceeași doză în ambele plămezi în timp ce acidul sulfuric și substanțele nutritive se adaugă numai în plămada pentru prefermentare.

Aceste procedee au avantajul că la prefermentare se poate folosi separat o melasă de mai bună calitate și se asigură condiții corespunzătoare pentru multiplicarea drojdiei, deoarece substanțele nutritive se adaugă numai în plămada pentru prefermentare.

Procedeul cu o plămadă și o concentrație folosește o singură concentrație de melasă de 23⁰Bllg, atât pentru prefermentare cât și pentru fermentare.

Toată melasa intrată în fabricație se diluează la 23⁰Bllg, se acidulează cu acid sulfuric, i se adaugă substanțele nutritive și antiseptic și se trece apoi la prefermentare și în continuare la fermentare.

Folosindu-se o singură plămadă se simplifică mult operațiile tehnologice, astfel încât se poate face o automatizare complexă a instalației de fermentare. Prin utilizarea la prefermentare a unei concentrații mai ridicate se obține o drojdie cu putere alcooligenă ridicată.

Deoarece substanțele nutritive se adaugă în întreaga cantitate de melasă, condițiile de multiplicare a drojdiei la prefermentare sunt mai puțin favorabile decât în cazul primului procedeu. Datorită faptului că se lucrează cu o singură plămadă, nu este posibil ca la prelucrarea melaselor defecte acestea să se introducă numai la fermentare, iar la prefermentare să se utilizeze o melasă normală.

Procedeul cu două plămezi și o concentrație se bazează pe folosirea a două plămezi, una pentru prefermentare și alta pentru fermentare care au aceeași concentrație de 23⁰Bllg. Melasa se pregătește separat, adăugându-se acidul sulfuric și substanțele nutritive numai în melasa pentru prefermentare, în timp ce antisepticul se dozează în mod egal în cele două plămezi.

Dintre cele trei procedee acesta prezintă cele mai multe avantaje și anume:

- drojdia se multiplică la prefermentare în condiții optime de concentrație, substanțe nutritive și aciditate și numai în cantitățile necesare unei bune fermentații;
- datorită concentrației mai ridicate în alcool la prefermentare, posibilitatea contaminării cu drojzii atipice este practic eliminată, menținându-se timp îndelungat sterilitatea mediului;
- se pot prelucra melase defecte, care se introduc numai la fermentare.

Dezavantajul procedeei constă în faptul că operațiile nu sunt atât de simplificate ca în cazul procedeei cu o singură plămadă.

3.3.2.2. Procedee cu separarea și reutilizarea drojdiei

Din cercetările efectuate s-a constatat că în plămezi drojdia se înmulțește până la o concentrație maximă de circa 750 milioane de celule la 1 ml, după care multiplicarea încetează. Dacă se introduce de la început în plămadă acest număr de celule la 1 ml se economisește zahărul necesar multiplicării drojdiei, rezultând o creștere a randamentului în alcool până la 64÷65 l alcool absolut/100 kg zaharoză din melasă.

Separarea drojdiei se face din ultimul lin de fermentare cu ajutorul unor separatoare centrifugale care concentrează drojdia într-un volum reprezentând 7÷10% din plămada fermentată.

Laptele de drojdie obținut este tratat cu acid sulfuric pentru purificare timp de 1÷2 ore la pH 2,2÷2,4, după care este introdus din nou la prefermentare.

Excedentul de lapte de drojdie rezultat de la separare poate fi uscat și utilizat ca drojdie furajeră. Procedeele continue de fermentare a melasei prezintă următoarele avantaje:

- reducerea sensibilă a duratei de fermentare (chiar până la 12 ore);
- creșterea productivității muncii;
- reducerea și uniformizarea consumului de utilități;
- posibilități de automatizare a instalației.

3.3.3. Controlul fermentației plămezilor din melasă

Scopul acestui control este de a supraveghea desfășurarea fermentării, de a depista unele deficiențe și cauze care le-au produs pentru a se lua măsurile corespunzătoare de înlăturare.

În timpul fermentării se controlează temperatura, concentrația plămezii, aciditatea, concentrația alcoolică și zahărul reducător. La începutul fermentației temperatura este de 25÷27⁰C sau chiar mai ridicată, atunci când se urmărește scurtarea duratei de fermentare, iar temperatura maximă de fermentare este de 31÷32⁰C. Încălzirea plămezilor la temperaturi peste 34⁰C este nedorită deoarece se slăbește capacitatea de fermentare a drojdiei.

În practica industrială, concentrația plămezilor se determină cu ajutorul zaharometrelor Balling. În general la folosirea acestora pentru determinarea concentrației unor lichide trebuie să se țină seama de următoarele reguli:

- zaharometrul să fie curat, fără urme de grăsime;
- introducerea zaharometrului în lichid să se facă cu atenție și acesta nu trebuie să atingă marginile cilindrului în care se face determinarea concentrației;
- lichidul nu trebuie să aibă la suprafață spumă sau bule de aer. Acestea se îndepărtează prin turnarea de cantități suplimentare de lichid în cilindru, până când acestea deversează peste margini.

Caracteristic fermentației plămezilor din melasă este aerarea, în special la prepararea drojdiei și la prefermentare. Datorită conținutului mare în nezahăr al melasei, extractul aparent al plămezilor fermentate este mult mai mare decât la plămezele din cartofi sau cereale. Astfel, pentru plămezele cu concentrația inițială de 20÷22⁰Bllg, extractul aparent al plămezii fermentate este de 6÷7⁰Bllg, iar pentru plămezi mai concentrate poate ajunge la 8÷9⁰Bllg.

În plămada fermentată se mai determină concentrația alcoolică prin distilare, care depinde în special de concentrația plămezilor, cât și conținutul plămezii fermentate în zahăr rezidual pentru a se vedea dacă plămada este fermentată corespunzător. În cazul creșterii acidității plămezii în cursul fermentației peste limitele obișnuite este necesar și un control microscopic, pentru evidențierea microorganismelor de contaminare.

În mod normal în plămezele fermentate proporția de microorganisme atipice în raport cu numărul de celule de drojdie nu trebuie să depășească 5%.

Controlul microscopic se efectuează de către laboratorul de microbiologie în toate fazele de fabricație, începând de la materia primă și până la finele procesului tehnologic.

Rolul controlului microbiologic este de a identifica microorganismele de contaminare și sursa din care acestea provin.

3.3.4. Instalația de fermentare

Instalația de fermentare este compusă dintr-un număr variabil de vase pentru fermentare, precum și din anexele acestora, prinătorul de spumă și spălătorul de dioxid de carbon.

Vasul de fermentare este utilajul tehnologic în care zaharoza din melasă este transformată de către drojzii în alcool și dioxid de carbon. Vasul 1 de formă cilindrică este prevăzut cu racordul 2 pentru introducerea drojdiilor de la prefermentare, racordul 3 pentru alimentarea cu melasă, conducta 4 pentru introducerea apei de răcire în serpentinele interioare 5, racordul 6 pentru eliminarea apei de răcire. Aerul necesar aerării plămezii în timpul fermentării se introduce prin racordul 7 și conducta perforată 8. Aburul necesar pentru sterilizarea vasului se introduce prin racordul 9. Pe capacul superior, vasul este prevăzut cu gura de vizitare 10, iar în partea inferioară cu gura de vizitare 11. Temperatura în timpul desfășurării procesului de fermentare se urmărește cu ajutorul termometrului introdus în tubul 12. Golirea vasului de fermentare se face prin racordul 13. Dioxidul de carbon care se formează în timpul fermentării se elimină prin racordul 14.

Ca materiale pentru construcția linurilor de fermentare se folosesc: tabla obișnuită de oțel, tablă de oțel inoxidabil, tablă de aluminiu și rășinile sintetice.

Linurile din tablă obișnuită de oțel trebuie protejate prin lăcuire pentru a se evita coroziunea. Oțelul inoxidabil nu necesită o acoperire, se spală și se dezinfectează ușor, astfel încât costurile suplimentare față de oțelul obișnuit se acoperă în scurt timp. Nici aluminiul nu necesită o acoperire, întrucât este rezistent la acizi, formând un strat protector de oxid. Aluminiul nu suportă însă soluțiile alcaline și dezinfectanții pe bază de clor.

Linurile de fermentare pot avea formă cilindrică (verticală sau orizontală) sau paralelipipedică (casetă). Linurile de formă paralelipipedică permit o bună utilizare a spațiului din sala de fermentare, fiind tot mai răspândite în fabricile de alcool.

Capacitatea linurilor de fermentare este de 10÷100 m³. Pentru 1 hl alcool rafinat este necesar un volum util de lin de 12,5÷13 hl sau total de circa 16 hl. Volumul unui lin de fermentare (V) se poate calcula cu formula:

$$V = \frac{1,15 \times V_p}{n}, \text{ în care:}$$

V_p – volumul de plămadă produsă în 24 ore, în m³;

n – numărul de linuri care se încarcă în 24 ore;

1,15 – coeficient care ține seama de spațiul liber al linului.

Prinătorul de spumă se intercalează între vasele de fermentare și spălătorul de dioxid de carbon. Rolul acestui aparat este de a prinde și de a sparge spuma care adeseori se formează în timpul fermentării melasei.

Acest aparat este format dintr-un vas cilindric 1, în capacul căruia este montată o conductă de introducere a gazului 2, care pătrunde până la fundul vasului și una de evacuare a acestuia 3. În rezervor se află apă 4, la suprafața căreia se introduce un strat de ulei antispumant 5.

Dioxidul de carbon împreună cu spuma trec prin conducta 2 în stratul de apă și ulei, unde spuma este distrusă, iar dioxidul de carbon separat de spumă iese prin conducta 3 de unde trece la spălătorul de dioxid de carbon. În cazul în care spuma este în cantitate mare și nu poate fi distrusă se introduce abur în aparat prin barbotorul 6, care ajută la spargerea spumei. Aparatul mai este prevăzut cu un racord de introducere a apei 7 și unul de evacuare a apei uzate 8.

Spălătorul de dioxid de carbon are construcția și principiul de funcționare identice cu cele ale coloanelor de distilare. Dioxidul de carbon, care se degajă din linuri, antrenează și alcoolul sub formă de vapori.

Pentru recuperarea alcoolului, dioxidul de carbon este dirijat, prin conductă, în spălător în care circulă în contracurent cu apa. Realizându-se un contact intim între gaz și apă, alcoolul este antrenat (dizolvat) de apă. Apele alcoolice cu un conținut de circa 2,5% alcool sunt introduse în linurile de fermentare. În figura 8 este prezentat schematic un spălător de dioxid de carbon cu talere, cu funcționare continuă la care de obicei sunt racordate mai multe linuri de fermentare.

Dioxidul de carbon împreună cu vaporii de alcool intră prin racordul 1, situat la partea inferioară a aparatului și circulă ascendent în coloană în contracurent cu apa de spălare introdusă prin racordul 2 aflat la partea superioară. Apa cade din taler în taler 3 preluând alcoolul, rezultând un lichid alcoolic care se evacuează prin racordul 4 situat la partea inferioară și este trimis în plămada fermentată care merge la distilare.

Prin racordul 5 iese dioxidul de carbon spălat care este trecut prin conducte la gazometru sau la consumatorii din fabrică.

4. TEHNOLOGIA FABRICĂRII ALCOOLULUI DIN MATERII PRIME AMIDONOASE

Fabricarea alcoolului din materii prime amidonoase se poate face prin două grupe de procedee:

- cu fierberea sub presiune a materiei prime;
- fără fierbere sub presiune.

Procedeele clasice de producere a alcoolului din materii prime amidonoase se bazează pe fierbere sub presiune a materiilor prime, care se face în scopul gelificării și solubilizării amidonului astfel încât acesta să poată fi atacat de către amilaze la zaharificare.

Aceste procedee prezintă următoarele dezavantaje:

- consumul de energie termică este ridicat;
- modul de lucru este, de regulă, discontinuu, iar posibilitățile de recuperare a căldurii sunt reduse;
- datorită solicitării termice ridicate a materiilor prime ($150\div 165^{\circ}\text{C}$) se formează melanoidine și caramel;
- plămezele obținute nu sunt omogene, iar borhotul rezultat are o valoare furajeră mai scăzută.

Aplicarea procedeelelor de prelucrare fără presiune necesită o mărunțire optimă a materiei prime, astfel încât să se obțină randamente maxime în alcool, cu un consum minim de energie. O mărunțire insuficientă a materiei prime poate conduce la pierderi în alcool de până la 20 l/t cereale sau chiar mai mult.

Înainte de a fi introduse în procesul tehnologic materiile prime amidonoase sunt supuse unor operații auxiliare pregătitoare de transport, spălare, curățire și eventual mărunțire.

4.1. PREGĂTIREA CARTOFILOR ȘI CEREALELOR

Pregătirea cartofilor se realizează prin spălare cu apă pentru îndepărtarea impurităților aderente (nisip, pământ, pietre, paie). Pentru acest scop, cartofii sunt preluați din magazia de depozitare prin canale de transport hidraulic și aduși la un elevator care alimentează mașina de spălat cartofi. Aceasta este prevăzută cu două sau trei compartimente prin care cartofii sunt transportați cu ajutorul unui ax cu palete. Spălarea se face cu apă, care circulă în contracurent cu cartofii, iar corpurile grele trec prin fundul perforat al mașinii și sunt colectate în camere de unde se evacuează periodic.

Cartofii spălați sunt preluați de un elevator, care îi ridică până la cântarul automat de cartofi. Din cântar cartofii sunt trecuți într-un buncăr care alimentează fierbătoarele prin deschiderea unei clapete.

Procedeele de fierbere și zaharificare continuă a cartofilor necesită o mărunțire prealabilă cât mai fină a acestora, care se realizează cu ajutorul unor mori cu ciocane sau a unor răzătoare de cartofi.

Pregătirea cerealelor se realizează prin precurățire cu ajutorul tararelor aspiratoare și a separatoarelor magnetice, prin care sunt îndepărtate impuritățile conținute: pleavă, nisip, paie, pietriș, corpuri metalice. Cerealele sunt apoi cântărite și mărunțite. Pentru mărunțirea cerealelor se folosesc în practică trei grupe de procedee:

- măcinarea uscată;
- măcinarea umedă;
- măcinarea uscată și umedă (în două trepte).

Cerealele astfel pregătite sunt introduse în fierbător, ținându-se seama că la fierberea cerealelor se adaugă și apă.

4.2. FIERBEREA MATERIILOR PRIME AMIDONOASE

Operația de fierbere este necesară deoarece amidonul natural conținut în materiile prime amidonoase, cereale sau cartofi, nu poate fi atacat de către amilazele din malț, fără o prealabilă gelifiere și solubilizare care se realizează prin fierbere sub presiune. În figura 9 este prezentată schema procesului tehnologic de fierbere a cerealelor și a cartofilor.

De la cântarul 1, materia primă (cereale sau cartofi) este transportată în rezervorul de alimentare 2. Prin conducta 3, materia primă trece prin cădere liberă în fierbătorul 4, în care se introduce apă prin conducta 5 și abur prin conducta 6.

Masa fiartă din fierbător se evacuează prin conducta 7 în zaharificatorul 8, iar aburul de circulație în prinzătorul de amidon 9.

Gelifierea amidonului se face prin îmbibare cu apă și încălzirea la temperatura de gelifiere, care este în funcție de felul amidonului. Astfel pentru amidonul din cartofi, temperatura de gelifiere este de 65°C , pentru cel din porumb 75°C , pentru cel din grâu $79\div 80^{\circ}\text{C}$, pentru orez și orz 80°C .

Pentru fierberea materiilor prime amidonoase se folosesc instalații de fierbere sub presiune de formă cilindro-conică, confecționată din tablă de oțel care să reziste la $6\div 7$ at. Partea conică este mult mai înaltă, reprezentând $2/3\div 3/4$ din înălțime, astfel încât să se poată goli complet fierbătorul la sfârșitul operației. Fierbătoarele pot fi alimentate cu abur atât pe la partea superioară cât și pe la partea inferioară. Capacitatea fierbătoarelor variază între 500 și 1500 l.

În funcție de felul și calitatea materiei prime, regimul de fierbere diferă ca durată, temperatură maximă, cantitatea de apă adăugată la fierbere și modul de introducere a aburului în fierbător.

Astfel, cartofii necesită o durată mai scurtă și o temperatură maximă de fierbere mai scăzută în comparație cu cerealele. Regimul de fierbere diferă și în funcție de calitatea cartofilor sau a cerealelor. Astfel, cartofii înghețați sau alterați se fierb la o temperatură mai scăzută decât cei sănătoși, iar cerealele cu structură sticloasă necesită un regim mai intens de fierbere decât cele făinoase.

Pentru o gelifiere cât mai completă a amidonului și evitarea închiderii la culoare prin formarea melanoidinelor și caramelului este necesară în timpul fierberii, prezența unei cantități suficiente de apă. În timp ce cartofii proaspeți conțin suficientă apă pentru fierbere, la fierberea cartofilor uscați și a cerealelor trebuie să se adauge o cantitate corespunzătoare de apă. Astfel pentru 100 kg porumb se adaugă $250\div 300$ l apă, pentru 100 kg grâu 290 l apă, iar pentru 100 kg secară 300 l apă.

Operația de fierbere decurge în două faze:

- încălzirea produsului până la temperatura de fierbere;
- menținerea temperaturii maxime de fierbere.

Presiunea maximă de fierbere și durata ei de menținere depinde de felul și structura materiei prime; însă trebuie să se respecte foarte exact durata totală de fierbere și cea de menținere la presiunea maximă:

		<u>4 at</u>		<u>5 at</u>		<u>6 at</u>
-	durata totală de fierbere, minute	60÷90		50÷80		40÷70
-	durata de menținere a presiunii maxime, minute	20÷30		10÷20		5÷10

Fierberea se efectuează cu abur la presiuni de până la 6 bari, în autoclave verticale cilindroconice de tip Henze, având capacități de 5÷7 m³.

În figura 10 se redă în secțiune longitudinală fierbătorul pentru cereale sau cartofi. Acestea se compune din următoarele părți principale: corpul aparatului 1, care se confecționează din tablă de oțel de 8÷10 mm; vârful conului 2, care este supus la cea mai mare uzură, este construit din tablă de oțel de 12÷14 mm; capacul fierbătorului 3, care închide orificiul pe unde se introduce materia primă și apa. Prinderea capacului se realizează cu șuruburi dispuse pe circumferința acestuia; supapa de siguranță 4, care este astfel reglată ca la depășirea unei anumite presiuni să deschidă orificiul de ieșire a aburului din fierbător; racordul pentru aburul de circulație 5, prin care aburul care a străbătut masa din fierbător iese în atmosferă sau este condus mai întâi la prinzătorul de amidon pentru recuperarea amidonului antrenat din fierbător; manometrul 6, montat la capătul unei conducte de cupru care se găsește la un nivel și o poziție convenabilă, ca să poată fi ușor observat de operatori.

Racordul 7 servește pentru introducerea aburului în fierbător, iar ventilul 8 pentru evacuarea masei din fierbător. Conducta 9 se folosește pentru prelevarea probelor din fierbător.

Înainte de încărcarea fierbătorului se procedează astfel: se închide ventilul de evacuare 8. Se controlează dacă supapa de evacuare 4 nu este blocată. Când se fierb cerealele, se introduce cantitatea de apă necesară prin conducta 5, din schema tehnologică respectivă, și apoi materia primă prin capacul 3. Se observă dacă indicatorul manometrului se află în poziția zero. Se verifică starea garniturii gurii de încărcare, ce închide capacul 3 prin strângerea uniformă și corespunzătoare a tuturor șuruburilor. Caneaua de pe conducta de luare a probelor trebuie să fie închisă. Se deschide apoi ventilul 7 de admisie a aburului în fierbător și se deschide corespunzător ventilul de pe conducta 5 de evacuare a aburului din circulație.

În timpul fierberii se observă în permanență presiunea la manometru care nu trebuie să depășească nivelul indicat pentru timpul scurs de la începerea fierberii. Dacă presiunea depășește limita necesară, se închide ventilul de admisie a aburului, iar când aceasta este sub limită se deschide mai mult ventilul de abur.

Masa fiartă se evacuează prin deschiderea treptată a ventilului de evacuare 8, ventilul de pe conducta de abur de circulație 5 și cel de admisie 7 trebuie să fie în acest timp închise. După evacuarea conținutului fierbătorului, în vederea suflării resturilor de masă fiartă se închide ventilul 8, se ridică cu abur presiunea la 2,5÷3 at și apoi se deschide dintr-o dată ventilul 8. Se închide apoi ventilul 7 de admisie a aburului în fierbător.

Pentru reluarea procesului de fierbere, gura de încărcare a fierbătorului se deschide numai după ce manometrul indică presiunea zero în aparat.

4.3. ZAHARIFICAREA MATERIILOR PRIME AMIDONOASE

După ce amidonul din materia primă a fost gelificat și solubilizat prin fierbere sub presiune, masa fiartă obținută este supusă în continuare operației de zaharificare, prin care se realizează transformarea amidonului în glucide fermentescibile de către drojdie.

Procesul tehnologic de zaharificare a materiilor prime amidonoase se desfășoară după schema prezentată în figura 11. Materia primă fiartă din fierbătorul sau bateria de fierbătoare 1 se descarcă în zaharificatorul 2. Laptele de slad din rezervorul 3 este trecut în cantitățile stabilite prin curgere liberă în zaharificator. La fabricile dotate și cu prinzător de amidon, conținutul acestuia este trecut periodic în zaharificator, imediat după golirea fierbătoarelor. După zaharificare la temperatura de 30°C se introduce cantitatea de drojdie necesară pentru fermentare.

Plămada zaharificată în care s-a introdus drojdia, după omogenizare și răcire la temperatura de fermentare, este preluată de o pompă și trimisă în linurile de fermentare.

Operația de zaharificare mai este denumită și plămădire, întrucât se obține o plămadă care conține toate componentele insolubile ale materiei prime și a malțului. Zaharificarea se poate realiza în trei moduri, în funcție de agentul de zaharificare:

- cu malț verde;
- cu preparate enzimatic microbiene;
- cu acizi minerali.

În fabricile de alcool este cea mai răspândită zaharificarea pe cale enzimatică cu ajutorul malțului verde sau a preparatelor enzimatic microbiene.

Acțiunea de zaharificare a malțului verde se datorează conținutului său în enzime amilolitice, în principal α și β -amilază, care acționează asupra celor două componente ale amidonului solubil – amiloza și amilopectina pe care le transformă în glucide fermentescibile.

În plămăzile din materii prime amidonoase, în care amidonul a fost gelificat și solubilizat în prealabil prin fierbere sub presiune, condițiile optime de temperatură și pH pentru cele două enzime sunt următoarele:

	<u>α-amilaza</u>	<u>β-amilaza</u>
- temperatura optimă, în °C	55÷57	50÷55
- pH-ul optim	4,6÷5,0	5,0÷5,7

Plămezele din materii prime amidonoase au un pH de 4,9÷5,6 în medie 5,3 favorabil acțiunii optime a celor două enzime, fără a fi necesar corecții de pH al plămezilor. În cazul utilizării preparatelor enzimatice microbiene este necesar să se asigure temperaturile și pH-ul optim recomandat de firma furnizoare de enzime.

Procesul de hidroliză a amidonului catalizat de cele două amilaze din malț se desfășoară printr-o serie de etape de produse intermediare (amilodextrine, eritrodextrine, achrodextrine, maltodextrine), care se pot recunoaște prin colorația obținută cu o soluție de Lugol. Zaharificarea se consideră terminată când plămada nu mai dă colorație cu iodul, deci când nu rămân decât achrodextrine și maltoză.

Pentru zaharificare se utilizează și preparate enzimatice microbiene care pot înlocui parțial sau în totalitate malțul verde. În acest scop se folosesc preparate cu conținut de α -amilază bacteriană pentru lichefiere și de amiloglucosidază pentru zaharificare. Utilizarea preparatelor enzimatice a condus la obținerea plămezilor din materii prime amidonoase fără a se mai utiliza fierberea acestora sub presiune.

Pentru utilizarea cât mai eficientă a preparatelor enzimatice de origine microbiană au fost elaborate și tehnologiile de aplicare a acestor preparate, rezultând o serie de variante tehnologice de obținere a plămezilor din materii prime amidonoase.

Procesul tehnologic de zaharificare a plămezilor din materii prime amidonoase se realizează în zaharificator, utilaj care are o capacitate egală cu a unui fierbător sau a 2÷3 fierbătoare. În zaharificator au loc următoarele operații:

- răcirea plămezii fierte până la temperatura de fluidificare ($75\div 80^{\circ}\text{C}$) sau de zaharificare ($55\div 60^{\circ}\text{C}$);
- amestecarea cu laptele de slad;
- zaharificarea propriu-zisă;
- răcirea plămezii dulci până la temperatura de însămânțare cu drojdie (30°C);
- însămânțarea cu drojdie sub formă de plămadă de drojdie.

În figura 12 este redată în secțiune construcția zaharificatorului. Principalele părți constructive ale zaharificatorului sunt următoarele: corpul zaharificatorului 1, construit din tablă de fier, din cupru, oțel inoxidabil sau aluminiu; agitatorul 2, cu un rând sau două rânduri de palete; motorul cu reductor 3, care antrenează agitatorul cu o turație de 100 rot/min.; conducta 4, de descărcare a masei fierte din fierbător; clopotul de suflare 5, pe a cărui suprafață interioară este proiectată masa fiartă sub presiune; conducta 6, de introducere a apei de răcire în serpentinele zaharificatorului; serpentina de răcire 7; conducta 8 de ieșire a apei din sistemul de răcire a zaharificatorului.

Alte părți componente: exhaustorul 9 pentru evacuarea aburului care se degajă intens în timpul descărcării fierbătoarelor; conducta de abur 10, pentru mărirea tirajului și sterilizarea exhaustorului; conducta 11 pentru evacuarea condensului care se formează în exhaustor; ventilul și conducta 12, pentru golirea zaharificatorului; termometrul 13.

- În conducerea practică a operației de zaharificare trebuie să se aibă în vedere următoarele:
- să se creeze condiții optime de temperatură pentru acțiunea de fluidificare și de zaharificare produsă de amilaze;
 - termorezistența celor două amilaze la temperatura de zaharificare;
 - pH-ul optim al plămezilor;
 - evitarea contaminărilor cu microorganisme străine;
 - simplificarea pe cât posibil a operației.

- În timpul operației de zaharificare se controlează:
- gradul de zaharificare;
 - gradul Balling și coeficientul calitativ al plămezii;
 - aciditatea și pH-ul;
 - puterea amilolitică a plămezii dulci.

În vederea controlului zaharificării se filtrează o porțiune din plămada dulce, examinându-se atât rezidulul cât și filtratul limpede obținut. În rezidulul spălat bine cu apă trebuie să se găsească numai coji, fără amidon aderent și să se obțină cu iodul o colorație gălbuie sau roșiatică. Filtratul trebuie să aibă o culoare galbenă deschisă și gust dulce și să nu dea colorație cu iodul, care ar indica o zaharificare incompletă.

Gradul de zaharificare se controlează cu o soluție de iod-iodură de potasiu care se prepară dizolvând 1 g iod și 2 g iodură de potasiu în 300 ml de apă distilată.

În filtratul limpede se determină în primul rând conținutul în extract al plămezii (gradul zaharometric) cu ajutorul zaharometrului Balling sau prin alte metode cunoscute.

Gradele zaharometrice Balling exprimă în procente masice totalitatea substanțelor existente în plămada limpede, substanțe fermentescibile și substanțe nefermentescibile.

Coeficientul calitativ al plămezii reprezintă procentul de glucide fermentescibile din extractul plămezii, având astfel aceeași semnificație cu gradul final de fermentare folosit în industria berii. Coeficientul calitativ al plămezii (Q) se poate determina pe cale chimică sau printr-o probă de fermentare și prezintă următoarele valori:

- pentru plămezi din cartofi sau secară $Q = 79\div 85\%$;
- pentru plămezi din porumb sau grâu $Q = 89\div 90\%$;
- pentru plămezi din melasă $Q = 60\%$.

Aciditatea plămezii se exprimă în practică în grade Delbrück (⁰D) care reprezintă ml NaOH în necesar pentru neutralizarea acizilor din 20 ml plămadă. Aciditatea plămezilor dulci din cartofi sau porumb variază între 0,1÷0,3⁰D, ce corespunde la un pH de 5,3÷5,7.

Controlul puterii amilolitice a plămezii zaharificate este necesar pentru a se constata dacă mai există suficiente amilaze active necesare pentru zaharificarea secundară a dextrinelor limită la fermentare și se face astfel:

- se introduc în 5 eprubete câte 10 ml soluție de amidon solubil 2%;
- se adaugă 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 și 1,25 ml plămadă dulce filtrată, se amestecă și se țin eprubetele timp de 60 minute într-o baie de apă cu temperatura de 55⁰C;
- se răcesc eprubetele în apă rece, se adaugă câte 0,5 ml iod n/50, se agită și se observă colorația formată;
- dacă se obține o culoare galbenă deja în proba cu 0,5 ml plămadă, înseamnă că zaharificarea a fost bine condusă; dacă această culoare apare de abia în eprubeta cu 0,75 ml plămadă, rezultă că activitatea amilazică este slabă, acest fapt datorându-se folosirii unui maț sărac în enzime sau a unor temperaturi prea ridicate la zaharificare.

Plămada dulce este supusă și unui control microbiologic pentru depistarea eventualelor contaminări. Controlul microbiologic la zaharificare ne poate indica dacă contaminarea cu bacterii provine din această fază a procesului tehnologic.

4.4. PREGĂTIREA DROJDIEI PENTRU FERMENTARE

Fermentarea plămezilor dulci din materii prime amidonoase se realizează cu ajutorul drojdiilor, care datorită complexului enzimatic conținut, transformă zahărul din plămadă în alcool etilic și dioxid de carbon.

Drojdiile utilizate trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să aibă o putere alcooligenă ridicată, să se poată acomoda la plămezile acide din cereale și cartofi, să declanșeze rapid fermentația, să formeze o cantitate redusă de spumă la fermentare și să producă o cantitate cât mai mică de hidrogen sulfurat și alte substanțe de gust și aromă nedorite.

Drojdiile utilizate la fermentarea plămezilor din industria alcoolului se pot folosi sub formă de:

- drojdi lichide (cultivate în fabrică);
- drojdi uscate;
- drojdi comprimate (drojdia de panificație).

Pentru realizarea de randamente superioare s-a impus obținerea de mutații prin utilizarea de agenți chimici. Aceste tulpini conțin ADN modificat mitocondrial și este inhibată producția de enzime necesare pentru metabolismul aerob.

Sub aspectul capacității de fermentare, drojdia pentru alcool trebuie să fermenteze cât mai complet glucidele din plămezi, într-un timp cât mai scurt, deci cu o viteză mare, pentru ca procesul de fermentare să fie rentabil.

Cultura de producție se obține pe plămezi speciale pentru drojdie, preparate din materii prime amidonoase de calitate, prelucrate hidrotermic și zaharificate. Plămezile speciale, în vederea creării unor condiții de dezvoltare selectivă numai a drojdiilor de cultură, se acidifică prin adaos de acid sulfuric sau prin acidulare biologică prin fermentație lactică.

În ultimul timp au apărut o serie de preparate comerciale de drojdie uscată ce pot fi utilizate drept culturi starter la fabricarea alcoolului care prezintă anumite avantaje în utilizarea lor:

- o pornire rapidă a fermentației;
- un randament optim de transformare a zahărului în alcool;
- o calitate constantă a produsului obținut.

Doza de drojdie uscată este de 10÷20 g/hl plămadă, un gram de preparat conținând 20÷25 x 10⁹ celule de drojdie. Preparatul uscat, după o scurtă fază de hidratare, se introduce în plămada zaharificată în care trebuie să se distribuie cât mai uniform, pentru ca fermentația să pornească în întreaga masă de plămadă.

Cercetările efectuate în industria alcoolului au condus la utilizarea drojdiilor imobilizate, realizându-se o creștere cu 20÷25% a producției de alcool. Imobilizarea celulelor de drojdie se face prin înglobarea lor în geluri de diferite naturi, care reprezintă materiale inerte în raport cu produsele din mediu. Se întrebuițează pentru imobilizări:

- k-carageenan;
- alginat de aluminiu;
- alginat de calciu;
- polimeri sintetici;
- parasilicați.

La pregătirea plămezii de drojdie deosebim două procedee principale:

- procedeul clasic;
- procedeul simplificat cu acid sulfuric.

Procedeul clasic. Acest procedeu se caracterizează prin scoaterea unei porțiuni din plămada dulce (5÷10%) și pregătirea ei în mod special pentru cultivarea drojdiei prin acidulare și adaos de substanțe nutritive.

Pregătirea plămezii de drojdie cuprinde trei faze principale:

- prepararea plămezii speciale;
- acidularea plămezii speciale;

- prefermentarea.

Porțiunea de plămadă dulce (5-10%), adusă din plămada zaharificată se filtrează și se adaugă 4÷6% malț verde sub formă de lapte de slăd, în cazul cartofilor, și circa 10% la prelucrarea porumbului, pentru îmbogățirea ei în substanțe nutritive. Se zaharifică apoi plămada timp de 60 minute la 60÷62°C și se răcește rapid la temperatura de însămânțare cu drojzii de 28÷30°C. Plămada astfel obținută are o concentrație de 20÷22⁰Bllg. Acidularea plămăzii speciale se poate face cu acizi organici sau anorganici. Caracteristic pentru procedeul clasic este acidularea prin fermentație lactică a plămăzii speciale timp de 20÷24 ore la temperatura de 50÷55°C prin însămânțare cu *Bacillus Delbrücki*. Prin acidulare trebuie să se ajungă în plămadă la o aciditate de 1,8÷2⁰D. După acidularea plămada specială se răcește repede la temperatura de 28÷30°C, la care se face însămânțarea cu drojzii.

La prefermentare, plămada specială acidulată și răcită se însămânțează apoi cu o cultură pură de laborator (circa 5 litri), obținută prin multiplicarea drojdiei în condiții sterile pe must de malț sau chiar pe melasă. În timpul prefermentării drojdia se multiplică de circa 7 ori, formându-se 7÷8% alcool vol., astfel încât gradul Balling al plămăzii speciale scade de la valoarea inițială de 20⁰Bllg la 5÷6⁰Bllg. Durata prefermentării este de 20÷24 ore.

Procedeul simplificat cu acid sulfuric. După acest procedeu pregătirea plămăzii de drojdie se face astfel: o porțiune mică (4÷5%) din plămada principală se însămânțează cu o cultură pură de drojdie obținută în laborator, se acidulează cu acid sulfuric până la pH 3,5 și se prefermentează timp de 20÷24 ore la temperatura de 26÷28°C. Plămada de drojdie astfel obținută, cu un extract de 6÷8⁰Bllg servește apoi pentru însămânțarea plămăzii dulci răcită la 30°C.

4.5. FERMENTAREA PLĂMEZILOR DIN MATERII PRIME AMIDONOASE

Fermentarea reprezintă una din operațiile tehnologice cele mai importante de la fabricarea alcoolului în care se pot reflecta atât neajunsurile produse anterior la fierbere și zaharificare cât și deficiențele care pot să apară în timpul acestei operații.

Principalele cerințe care se impun la fermentare sunt următoarele:

- să se lucreze cu o drojdie viguroasă la temperaturi optime de fermentare;
- să se realizeze un grad de fermentare corespunzător într-un timp cât mai scurt posibil;
- plămada să fie ferită de contaminări cu microorganisme străine.

Fermentarea plămăzilor din cereale și cartofi este de durată mai îndelungată de circa 72 ore, datorită zaharificării secundare a dextrinelor limită și comportă trei faze care se întrepătrund:

- faza inițială	20 ore
- faza principală	18 ore
- faza finală	34 ore
Total	72 ore

Faza inițială, care durează 18÷20 ore, se caracterizează în special prin multiplicarea drojdiei și prin fermentarea a circa 40% din maltoză. Prin folosirea unor culturi pure de drojdie viguroasă, fermentația maltozei se instalează rapid, astfel încât se modifică deja în faza inițială echilibrul stabilit la zaharificare între maltoză și dextrine.

Faza principală, care durează 18÷20 ore, se caracterizează prin fermentația intensă a maltozei, cu formare de alcool, dioxid de carbon și căldură. Datorită creșterii concentrației alcoolice a plămăzii peste 5%, încetează practic în această fază multiplicarea drojdiei. În timpul fermentării crește temperatura plămăzii și este necesară răcirea linurilor de fermentare, astfel încât temperatura de fermentare să nu depășească 34°C. Faza principală durează atât timp cât în substrat se află maltoză.

Faza finală a fermentației începe după ce s-a terminat maltoza din plămadă și se caracterizează îndeosebi prin zaharificarea secundară a dextrinelor limită sub acțiunea amilazelor rămase în plămadă și fermentarea maltozei rezultate. Întrucât procesul de zaharificare secundară a dextrinelor decurge lent, faza finală de fermentare are durata cea mai lungă de 32÷34 ore. În această fază temperatura optimă a plămăzii este de 27°C. Fermentația se consideră terminată când extractul aparent al plămăzii, determinat cu ajutorul zaharometrului Balling nu se mai modifică în ultimele 4 ore de fermentare.

La sfârșitul fermentației plămada se poate trimite direct la distilare sau într-un rezervor tampon, iar linul de fermentare se spală și se dezinfectează, acordându-se o atenție deosebită evacuării dioxidului de carbon.

În scopul creșterii productivității linurilor de fermentare sau a prelucrării unor materii prime care se degradează rapid, se poate scurta durata de fermentare de la 72 ore la 48 ore sau chiar 36 ore, prin următoarele măsuri tehnologice:

- folosirea preparatelor enzimatice microbiene, care prin hidroliza mai avansată a amidonului, conduc la scurtarea fazei finale de fermentație;
- conducerea fermentației la temperaturi mai ridicate de 35÷36°C cu asigurarea unor măsuri speciale pentru evitarea contaminărilor cu microorganisme străine;
- utilizarea unei cantități mai mari de plămadă de drojdie de 10÷15% din cantitatea totală de plămadă;
- folosirea de borhot lichid recirculat (max. 60%) la obținerea plămăzii prin care se declanșează mai rapid fermentația, scurtându-se faza inițială până la 2÷3 ore.

În scopul desfășurării normale a procesului de fermentație se controlează:

- temperatura plămezii;
- concentrația în extract a plămezii;
- pH-ul plămezii;
- puritatea microbiologică a fermentației. La sfârșitul procesului de fermentare se determină concentrația alcoolică a plămezii fermentate, prin distilare, aceasta variind între 6÷12% vol. alcool.

Fermentarea plămezilor din cereale și cartofi are loc în vase speciale, denumite linuri de fermentare, prevăzute cu serpentine de răcire și conducte de captare a dioxidului de carbon. Linurile de fermentare pot avea formă cilindrică (verticală sau orizontală) sau paralelipipedică (casetă).

În figura 13 sunt prezentate în secțiune linurile cilindrice verticale și cele paralelipipedice. În general, înzestrarea linurilor paralelipipedice și a celor cilindrice este identică, cu deosebirea că linurile cilindrice au uneori în plus și instalație de răcire exterioară.

Linul 1 este prevăzut cu conducta de încărcare cu plămădă zaharificată 2, capacul superior de vizitare 3, capacul inferior de vizitare 4, conducta de evacuare a dioxidului de carbon 5, conducta de abur 6, supapa hidraulică de suprapresiune și vid 7, tija pentru fixarea termometrului 8, instalația de răcire interioară 9, racordul de apă rece 10 pentru alimentarea serpentinei de răcire, racordul 11 pentru ieșirea apei de răcire din serpentine și conducta 12 de evacuare a plămezii fermentate.

În majoritatea cazurilor când linurile se amplasează într-o construcție existentă se alege forma paralelipipedică, această formă permițând utilizarea economică a spațiului de producție.

Volumul linurilor metalice care se construiesc este corelat cu capacitatea de producție a fabricii.

Răcirea linurilor se realizează prin stropirea în exterior a pereților în cazul linurilor cilindrice verticale și de capacitate mică sau prin serpentine care se montează în interiorul linurilor de fermentare de mare capacitate.

Sistemul de răcire este alcătuit din serpentine de cupru cu diametrul de 30÷40 mm. Acestea se montează sub forma unei spirale în linurile cilindrice sau a unor registre în linurile paralelipipedice. Suprafața de răcire necesară este de 0,3÷0,4 m² pentru 1 m³ de plămădă în fermentare.

Pierderile în alcool prin antrenare cu dioxid de carbon sunt în medie de 0,7% putând să ajungă până la 1,4 % din alcoolul produs în linul de fermentare.

Pentru recuperarea alcoolului antrenat se folosesc spălătoare speciale de dioxid de carbon, cu talere sau umplutură, care funcționează pe principiul coloanelor de distilare.

Fermentarea normală a plămezilor de cereale sau cartofi se caracterizează prin degajarea regulată și uniformă, în bule mari, a dioxidului de carbon în timpul fazei principale a fermentării. Prin spargerea bulelor de dioxid de carbon se formează unde la suprafața plămezii. Acest gen de fermentație este numit fermentație undulată. Spre deosebire de fermentația undulată caracteristică fabricilor care manifestă permanent grijă pentru desfășurarea în bune condiții a procesului tehnologic, se cunosc trei genuri de fermentație anormală, și anume:

- fermentarea cu coborârea și ridicarea plămezii;
- fermentarea cu formare de spumă;
- fermentarea cu formarea unei pături groase de coji.

Fermentarea cu coborârea și ridicarea plămezii este caracteristică plămezilor de cereale și cartofi cu vâscozitate mare. În aceste plămezi bulele de dioxid de carbon nu se pot ridica la suprafață, din cauza vâscozității mari, ele se adună în profunzimea plămezii într-un volum mare de gaz care răbufnește apoi la suprafață. Pentru a evita producerea unei astfel de fermentații, când fabricile de alcool au și materii prime care dau plămezi vâscoase, acestea trebuie prelucrate împreună cu porumb sau cartofi de calitate.

Fermentarea cu formare de spumă se caracterizează prin aceea că la suprafața plămezii în fermentare, în faza principală se produce o spumă persistentă din bule de dioxid de carbon. Bulele nu se sparg și stratul se îngroașă mereu, putând ajunge la o grosime de 1÷1,5 m, ceea ce reprezintă 40% din grosimea stratului de plămădă aflată în lin. Spuma începe să se formeze când temperatura în linul de fermentare este de 24÷25°C și când extractul plămezii scade cu circa o treime din valoarea inițială. Cauzele acestui tip de fermentare sunt legate de drojdia și de materiile prime folosite în procesul tehnologic. Măsura indicată pentru combaterea spumei constă în folosirea de antispumanți, cum sunt acizii grași, uleiul de floarea-soarelui, etc. Pentru evitarea formării spumei în timpul fermentației sunt eficiente următoarele măsuri:

- cartofii timpurii sau soiurile care spumează la fermentare să se fiarbă mai mult timp;
- cartofii să se plămădească la o temperatură mai ridicată pentru a se obține o plămădă fluidă;
- să se prelucreze în amestec mai multe varietăți de cartofi;
- să se prelucreze, deși prezintă inconveniente, cartofii în amestec cu porumb;
- să se schimbe cultura de drojdie pentru însămânțare.

Fermentarea cu formarea unei pături groase de coji. Când se prelucrează cereale care au bobul cu coaja groasă sau bogate în celuloză (ovăz, orz, mei), la suprafața plămezii se formează un strat de coji, a cărui grosime poate atinge 1÷1,5 m. Pentru evitarea formării stratului de coji este indicat ca cerealele cu procent mare de coji să fie supuse decojirii sau prelucrării în amestec cu alte cereale cu procent redus de coji, astfel ca procentul de coji la prelucrare să nu depășească 10%.

Controlul fermentației. Atât în timpul desfășurării fermentării cât și la sfârșitul acesteia se efectuează un control complex al plămezilor, care are drept scop asigurarea desfășurării normale a procesului de fermentare și obținerea în final de randamente corespunzătoare. Se controlează temperatura, aciditatea, concentrația plămezii, puritatea microbiologică, zahărul rezidual, conținutul în alcool al plămezii finale.

5. DISTILAREA PLĂMEZILOR FERMENTATE

Plămada fermentată este un amestec apos de diferite substanțe aflate în soluție sau în suspensie, unele dintre ele fiind substanțe nefermentescibile provenite din materiile prime și auxiliare, iar altele produse ale fermentației alcoolice.

Din materiile prime rămân în soluție în plămada fermentată cantități mici de zahăr rezidual, dextrine nezaharificate, acizi organici, grăsimi, substanțe azotoase neasimilate de drojdie, săruri minerale, iar în suspensie coji și proteine coagulate.

În timpul fermentației alcoolice se formează ca produse principale alcoolul etilic și dioxidul de carbon, iar ca produse secundare aldehide, esteri, alcoolii superiori, alcool metilic, glicerină, ș.a. De asemenea, plămada fermentată mai conține drojzii și eventual microorganisme de contaminare.

Concentrația alcoolică a plămăzii fermentate variază în limite largi cuprinse între 6 și 12% în funcție de felul materiei prime și procesul tehnologic aplicat.

Alcoolul etilic și alți componenți volatili din plămadă ca: aldehide, esteri, alcoolii superiori, furfural, acizi volatili, se separă din plămadă prin operația de distilare.

Distilarea se realizează prin încălzirea până la fierbere și fierberea plămăzilor fermentate în instalații speciale, prin care alcoolul etilic și alți componenți volatili trec în faza de vapori și sunt apoi condensați prin răcire cu apă.

Pentru a înțelege mai bine procesul de separare a alcoolului din plămadă prin distilare se poate asimila plămada fermentată cu un amestec binar miscibil format din alcool etilic și apă, având o concentrație alcoolică egală cu a plămăzii fermentate.

Separarea alcoolului etilic din acest amestec se bazează pe diferența de volatilitate dintre acesta și apă. Astfel, alcoolul etilic este mai volatil decât apa, având o temperatură de fierbere de 78,39°C, în timp ce temperatura de fierbere a apei este de 100°C, la presiunea atmosferică.

Întrucât separarea componenților din amestec prin distilare se face în ordinea volatilității lor, distilând mai întâi cei cu volatilitate mai ridicată, deci cu temperatură de fierbere mai scăzută, înseamnă că vaporii rezultați prin fierberea amestecului de alcool și apă vor fi mai bogați în alcool etilic, iar amestecul supus distilării se va epuiza treptat în alcool.

Pentru a obține un produs cu un conținut ridicat în alcool sunt necesare distilări repetate și odată cu creșterea conținutului în alcool al lichidului supus distilării se realizează o concentrare din ce în ce mai redusă până în momentul în care se ajunge la așa numitul punct azeotropic, din care nu se mai poate realiza în continuare o concentrare prin distilare. Pentru amestecul de alcool etilic și apă acest punct azeotropic corespunde unei concentrații alcoolice de 97,17%vol. sau 95,57% masic.

Din acest motiv, pe calea distilării repetate se poate obține un alcool cu concentrația maximă în alcool de 97,2% vol.

În afară de alcool și apă prin distilarea plămăzii fermentate trec în distilat și alte substanțe volatile conținute, cum ar aldehide, esteri, alcoolii superiori, acizi volatili, alcool metilic, ș.a., care îi conferă un gust și un miros neplăcut, astfel încât se obține așa numitul alcool brut, care trebuie purificat în continuare prin operația de rafinare. Reziduu fără alcool rezultat de la distilare este denumit borhot.

5.1. INSTALAȚII DE DISTILARE A PLĂMEZII FERMENTATE

Distilarea plămăzilor fermentate în vederea obținerii alcoolului brut este de fapt o distilare repetată a unor condensate alcoolice, cu scopul obținerii unei concentrații ridicate în alcool, proces care este denumit rectificare.

Operația de distilare a plămăzii fermentate se realizează în instalații cu funcționare continuă în care procesul fizic care are loc este următorul:

- plămada fermentată preîncălzită intră pe la partea superioară a unei coloane de plămadă prevăzută cu talere cu clopote și se scurge prin coloană cu viteză constantă în contracurent cu aburul care se introduce pe la baza coloanei;
- pe măsură ce urcă în coloană vaporii se îmbogățesc treptat în alcool, prin vaporizări repetate de component volatil (alcool) și condensările repetate de component mai puțin volatil (apă) rezultând pe la partea superioară a coloanei de plămadă vapori alcoolici cu concentrația în alcool în echilibru cu cea a plămăzii fermentate, care sunt concentrați suplimentar până la tăria necesară a alcoolului brut într-o coloană de concentrare;
- prin scurgerea plămăzii de pe un taler pe altul se realizează epuizarea treptată a plămăzii în alcool, rezultând pe la baza coloanei un reziduu dealcoolizat – borhotul.

Instalațiile de distilare continuă a plămăzilor fermentate, care datează de peste 100 ani, se pot împărți, în funcție de modul de amplasare a celor două coloane, de plămadă și de concentrare, în două grupe:

- instalații cu două coloane suprapuse;
- instalații cu două coloane alăturate.

Instalația cu două coloane suprapuse se prezintă în figura 14.

Cu ajutorul pompei cu piston 1 plămada fermentată este introdusă în deflegmatorul 2 al coloanei de distilare 3 unde se preîncălzește până în apropierea punctului de fierbere pe seama vaporilor alcoolici care se condensează parțial în deflegmator. Plămada preîncălzită se introduce apoi pe talerul superior al coloanei de

plămadă 3a, încălzită la bază cu abur direct, în care se realizează epuizarea plămezii în alcool, rezultând pe la partea inferioară borhot, care este evacuat din coloană cu ajutorul regulatorului de borhot 4.

Regulatorul de borhot joacă rol de zăvor hidrolic, menținând în spațiul de la baza coloanei un nivel constant de plămadă și nepermițând astfel aburului să iasă odată cu borhotul. Astfel, la scăderea nivelului plămezii la baza coloanei, flotorul regulatorului coboară și închide evacuarea borhotului și invers.

Vaporii alcoolici rezultați din coloana de plămadă, care este prevăzută cu 12-16 talere cu clopote, trec apoi în coloana de concentrare 3b, prevăzută de obicei cu talere cu site, în care se realizează concentrarea vaporilor de alcool brut. Vaporii de alcool brut trec apoi în deflegmatorul 2, în care se realizează o condensare parțială a componentului mai puțin volatil, pe seama plămezii care se preîncălzește și eventual a apei de răcire. În acest fel deflegmatorul realizează o concentrare suplimentară a vaporilor prin condensarea componentului mai puțin volatil care se reîntorc în coloană sub formă de reflux extern printr-o conductă specială.

Astfel, în figură s-a prezentat un deflegmator paralelipipedic, răcit cu plămadă în zona 2a și cu apă în zona 2b, care se montează direct deasupra coloanei de concentrare.

Vaporii de alcool brut deflegmați sunt trecuți apoi în condensatorul răcitor 5, în care se face condensarea în partea superioară multitubulară 5a și răcirea în partea inferioară 5b, alcoolul brut circulând prin serpentină. În scopul economisirii de apă de răcire, aceasta trece în continuare la răcirea deflegmatorului 2a.

Alcoolul brut obținut, cu o concentrație alcoolică de 80÷85% vol., este trecut apoi la felinarul de control 6, unde se poate citi tăria alcoolică și temperatura cu ajutorul unui termoalcoholmetru și în continuare în filtrul de alcool 7, unde se separă pe bază de diferență de densitate impuritățile mecanice din alcool. Separarea acestor impurități cât și omogenizarea care se realizează în filtru sunt necesare pentru operația următoare de măsurare a cantității și concentrației alcoolului brut, care se realizează cu ajutorul unui aparat special de control numit Siemens. Acesta înregistrează cu ajutorul a două contoare atât cantitatea de alcool trecută (în litri) cât și gradele dal ($1^0\text{dal} = 0,1$ litri alcool absolut) și indică în permanență pe o scară gradată concentrația alcoolică în procente de volum.

De la aparatul de control alcoolul brut este trecut prin conducte la rezervorul de colectare a alcoolului brut.

Această instalație cu coloanele suprapuse are avantajul că se manipulează mai ușor, deoarece extragerea alcoolului și concentrarea lui se fac într-o singură instalație, iar consumul de abur și pierderile în alcool sunt mai mici. Datorită acestor avantaje este instalația cea mai răspândită de distilare.

Ca dezavantaje s-ar putea menționa înălțimea mare a instalației cât și faptul că se obține un borhot mai diluat, cu gust mai puțin plăcut, deoarece refluxul de la deflegmator curge prin coloană și diluează suplimentar borhotul.

Instalația cu două coloane alăturate se prezintă în figura 15.

Plămada prefermentată, preîncălzită în deflegmatorul 5 al instalației, intră pe la partea superioară a coloanei de plămadă 1, care este încălzită pe la bază cu abur direct. În coloană se realizează epuizarea plămezii în alcool, obținându-se pe la bază borhot care se evacuează prin regulatorul de borhot 2. Din coloana de plămadă rezultă pe la partea superioară vaporii de alcool diluat, care sunt trecuți prin separatorul de picături 6 în coloana de concentrare 3. În această coloană se face, în partea inferioară 3a, epuizarea lichidului în alcool, obținându-se pe la bază un lichid fără alcool denumit apă de luter, care se evacuează prin intermediul regulatorului 4, iar la partea superioară 3b se concentrează vaporii de alcool brut, care sunt în continuare trecuți în deflegmatorul 5, în condensatorul răcitor 7, în felinarul de control 8 și apoi în filtrul de alcool brut 9.

Borhotul rezultat din această instalație este mai concentrat, deoarece se evacuează separat apa de luter provenită din refluxul coloanei 3.

Această instalație se manipulează mai greu deoarece trebuie să fie încălzite cu abur și supravegheate două coloane. Instalația necesită un consum mai mare de abur și pierderile de alcool sunt mai mari, deoarece se poate pierde alcool și prin apa de luter de la cea de-a doua coloană.

Datorită acestor dezavantaje importante, instalația de distilare cu două coloane este puțin utilizată în practică.

5.2. CONDUCEREA PROCESULUI DE DISTILARE

Înainte de punerea în funcțiune, se umple cu apă coloana de distilare 2, în care se introduce abur, pentru a constata dacă nu există neetanșeități pe la flanșe. Dacă etanșarea coloanei este bună, se demontează vizoarele din dreptul talerelor pentru scurgerea apei și apoi se montează din nou.

Se umple apoi coloana cu plămadă cu ajutorul pompei 1, se deschide aburul pentru încălzirea coloanei, care este terminată când conducta de alcool de la condensatorul răcitor la felinarul de control se încălzește. Se deschid robinetele de apă de răcire a condensatorului răcitor și a deflegmatorului și se reglează astfel debitul de alimentare cu plămadă încât în coloană să se realizeze regimul normal de funcționare. Printr-o corelare a debitului de plămadă, abur și apă de răcire trebuie să se ajungă la un debit constant de alcool la felinarul de control, a cărui tărie trebuie să fie de 80÷85% vol. alcool, cu temperatura de 15÷17⁰C.

Prin automatizarea complexă a instalației se asigură un regim optim de funcționare. Principalii parametri care se pot regla automat sunt: debitul de alimentare a coloanei cu plămadă, debitul și presiunea aburului, temperatura și debitul apei de răcire, concentrația și temperatura alcoolului brut.

Scoaterea temporară din funcțiune a instalației de distilare se face oprindu-se mai întâi pompa de plămadă și apoi accesul aburului. După ce a scăzut presiunea din coloană se închide și apa de răcire. Pentru

repunerea în funcțiune se dă drumul mai întâi la abur, care încălzește plămada acumulată la baza coloanei, iar în momentul în care a început să curgă alcool la felinarul de control se pornește și pompa de plămadă.

În cazul opririlor de lungă durată este necesar ca după oprirea pompei de plămadă să se fiarbă plămada din coloană până când la felinarul de control nu se mai constată prezența alcoolului, după care se închide accesul aburului și a apei de răcire.

6. RAFINAREA ALCOOLULUI BRUT

În urma distilării rezultă ca produs intermediar alcoolul brut, care are o concentrație alcoolică de 80÷85% vol. și conține o serie de impurități, mai mult sau mai puțin volatile, fie provenite din plămada fermentată, fie formate chiar în cursul procesului de distilare.

Rafinarea reprezintă operația de purificare și concentrare a alcoolului brut, în vederea obținerii unui produs de puritate superioară denumit alcool etilic rafinat.

Prin rafinare alcoolul se concentrează, devine limpede, fără gust și miros străin. Alcoolul rafinat trebuie să aibă o concentrație alcoolică de minimum 96%, nu trebuie să conțină alcool metilic și furfural, iar conținutul său în acizi, esteri, aldehide și alcooli superiori trebuie să fie foarte scăzut.

Pentru a se realiza o purificare avansată a alcoolului este necesar ca la rafinare să se aibă în vedere două aspecte principale: temperaturile de fierbere ale impurităților și solubilitățile lor în amestecul de alcool – apă.

Impuritățile din alcoolul brut au temperaturi de fierbere repartizate între 20,2⁰C (aldehida acetică) și 161,6⁰ (furfural), însă în realitate distilarea lor se face într-un domeniu de temperaturi mult mai restrâns, deoarece majoritatea formează amestecuri azeotrope cu apa, cu temperaturi de fierbere mult mai joase decât a substanței pure.

Impuritățile se vor repartiza în coloană în funcție de temperaturile lor de fierbere și solubilitatea lor, astfel:

- impuritățile mai volatile decât alcoolul etilic vor fi ridicate de vaporii alcoolici spre partea superioară a coloanei, unde vor fi evacuați în stare de vapori sub forma de frunți;
- impuritățile mai puțin volatile se vor concentra spre partea inferioară a coloanei formând cozile.

Așadar prin rafinarea alcoolului brut se obțin trei fracțiuni:

- frunțile;
- alcoolul rafinat;
- cozile.

Operația de rafinare a alcoolului brut se execută în instalații speciale, care în funcție de construcție și modul de funcționare, sunt de două tipuri:

- instalații cu funcționare discontinuă (periodică);
- instalații cu funcționare continuă.

6.1. RAFINAREA DISCONTINUĂ

Se realizează în instalații speciale (figura 16).

Se compune din blaza 1, coloana de rafinare 2, deflegmatorul 3, condensatorul răcitor 4, felinarul de control 6 și regulatorul de abur 7. Blaza 1 este prevăzută cu o serpentină de încălzire indirectă cu abur 8, un barbotor de abur direct 9, un racord de umplere 10 și de evacuare a apei de luter 11, un manometru 12, o sticlă de nivel 13.

Coloana de rafinare 2 este formată din 40÷50 talere cu site care permite obținerea unui alcool rafinat cu tăria de minimum 96% vol. alcool.

Conducerea rafinării discontinue se realizează astfel:

- se introduce în blază o cantitate măsurată de alcool brut și se diluează cu apă de luter până la 40÷50⁰ alcoolice;
- se realizează încălzirea alcoolului brut mai întâi cu abur direct timp de 10÷20 minute și apoi cu abur indirect 30÷60 minute până ce se încălzește mai mult de 2/3 din coloană, ceea ce arată că vaporii alcoolici au ajuns în deflegmator;
- se dă drumul apoi la debitul maxim de apă de răcire în condensator și deflegmator, realizându-se o condensare totală a vaporilor alcoolici ce intră în deflegmator, care se întorc în coloană sub formă de reflux extern. Prin această frânare a distilării, care durează 1÷3 ore, se realizează o mărire a concentrației alcoolice spre vârful coloanei, împiedicându-se ridicarea impurităților grele și concentrându-se în vârful coloanei frunțile;
- se micșorează apoi debitul apei de răcire și se începe colectarea alcoolului frunți, timp de 2÷3 ore, care are la început o concentrație alcoolică de 92÷94% vol. și o culoare verzuie, iar spre sfârșit devine incolor, iar concentrația crește la 95÷96% alcool vol.;
- se distilă în continuare alcoolul rafinat, care trebuie să aibă concentrația alcoolică de minimum 96% vol. La început se lucrează la capacitatea maximă a coloanei, apoi pe măsură ce se micșorează conținutul blazei în alcool, se mărește treptat debitul de apă de răcire, astfel încât să nu se producă o scădere a concentrației alcoolice pe talere. Distilarea alcoolului rafinat durează circa 40 ore;
- în momentul în care concentrația alcoolică la felinarul de control scade și se constată organoleptic apariția cozilor, începe colectarea acestora, operație care durează 1÷2 ore;
- când la felinarul de control alcoolul devine turbure, datorită prezenței uleiului de fuzel, care în soluție alcoolică diluată emulsionează, se poate colecta și acesta, trimițându-se direct într-un rezervor separat, fără a

se mai trece prin aparatul de control. Uleiul de fuzel poate fi purificat în continuare cu ajutorul separatoarelor de ulei de fuzel sau prin tratare cu o soluție de clorură de sodiu, astfel încât concentrația sa în ulei de fuzel să fie de minimum 85%;

- la sfârșitul rafinării, când concentrația lichidului de la felinarul de control scade sub 2% alcool vol. se goleşte apa de luter din blază și se începe o nouă șarjă. Durata totală a unei șarje este de circa 48 ore.

Alcoolul etilic rafinat este trecut în aparate de control speciale pentru alcool rafinat și apoi în rezervoarele de depozitare, iar alcoolul frunți și cozi sunt trecute prin aparatul de control aferent într-un rezervor comun de depozitare formând alcoolul tehnic.

Rafinarea discontinuă are dezavantajul unei productivități mai scăzute, a unui consum specific de abur mai ridicat și a unor pierderi mai mari de alcool.

6.2. RAFINAREA CONTINUĂ

Cele mai răspândite instalații de rafinare a alcoolului brut sunt instalațiile cu două coloane tip Barbet, care se caracterizează printr-o productivitate mai ridicată, un consum mai redus de abur și obținerea unui alcool de calitate superioară, constantă, cu pierderi mai scăzute în alcool.

Schema instalației de rafinare continuă tip Barbet este prezentată în figura 17.

Alcoolul brut diluat cu apă de luter în rezervorul 1 este preîncălzit în schimbătorul de căldură 2 cu apă de luter fierbinte de la coloana de rafinare și intră apoi la mijlocul coloanei de frunți sau epurare 3.

În coloana de frunți se realizează în partea inferioară talerului de alimentare 3a antrenarea aldehydelor și esterilor care formează frunțile din alcoolul brut, care se concentrează în partea superioară a coloanei 3b și în deflegmatorul 4, sunt trecute apoi în condensatorul răcitor 5 și apoi la felinarul de frunți 6. Pe la partea inferioară rezultă un lichid alcoolic eliberat de frunți, denumit epurat, cu o tărie alcoolică de circa 40% vol., care trece apoi în coloana de rafinare.

Coloana de epurare este prevăzută de obicei cu 12 talere în partea inferioară de epuizare și 12 talere în partea superioară de concentrare a frunților. Epuratul rezultat din coloana de frunți este introdus pe talerul de alimentare a coloanei de rafinare 7. Aceasta este încălzită la bază cu abur direct care epuizează total epuratul în alcool în zona 7a obținându-se pe la bază apă de luter care se evacuează prin regulatorul de apă de luter 8.

Vaporii alcoolici rezultați din epurat care mai conțin încă resturi de frunți, se concentrează la partea superioară a coloanei de rafinare 7b pe un număr mare de talere (50÷60) și sunt trecuți apoi în deflegmatorul 9 unde se face concentrarea resturilor de frunți, care sunt trecute apoi în condensatorul 10 și reîntoarse în coloana de frunți 3.

Alcoolul rafinat se separă sub formă lichidă de pe talerele primului segment de sus al coloanei de rafinare și este trecut în răcitorul de alcool rafinat 11 și apoi la felinarul de control 12, după care ajunge la aparatul de control și în rezervorul de alcool rafinat.

O parte din impuritățile grele se separă sub formă lichidă ca ulei de fuzel de pe talerele coloanei de rafinare unde concentrația alcoolică este de 47÷48%vol. Uleiul de fuzel rezultat este trecut în răcitorul 13, apoi la felinarul de control 14 și în final la separatorul de ulei de fuzel 15, lichidul alcoolic separat de ulei reîntorcându-se în coloană pentru recuperarea alcoolului.

Alcoolul cozi se colectează tot sub formă lichidă de pe talerele inferioare ale zonei 7b a coloanei de rafinare și este trecut tot în răcitorul 13 și apoi la felinarul de cozi 16.

În practică frunțile de la felinarul 6 și cozile de la felinarul 16 sunt trecute împreună la același aparat de control a cantităților rezultate și apoi în rezervorul de depozitare a alcoolului tehnic. În unele cazuri se renunță în practică la colectarea uleiului de fuzel, care se evacuează astfel cu apa de luter. Apa de luter conține acizi volatili și alte substanțe mai puțin volatile decât alcoolul etilic. Conținutul în alcool al apei de luter trebuie să fie de max. 0,1%.

Printr-o exploatare corectă a instalației, respectându-se debitele de alimentare cu alcool brut, abur și apă de răcire cât și debitele de scurgere a alcoolului rafinat, frunților și cozilor se obține un produs de calitate superioară, iar pierderile în alcool se pot reduce mult sub limita de 1,4%, chiar până la 0,2%.

Depozitarea alcoolului rafinat și a subproduselor

Atât alcoolul rafinat cât și subprodusele (alcool tehnic, ulei de fuzel) sunt depozitate în rezervoare speciale amplasate într-un depozit de alcool, separat de secțiile de producție, cu care comunică prin conducte. Depozitarea alcoolului trebuie efectuată cu grijă pentru a evita pierderile în alcool, respectându-se strict normele de protecție a muncii și pază contra incendiilor. În acest scop este necesar ca depozitul să fie bine izolat pentru a se reduce cât mai mult pierderile prin evaporare în timpul verii. Rezervoarele de alcool se pot amplasa și în aer liber.

Pentru depozitarea alcoolului și a subproduselor se folosesc rezervoare de formă cilindrică (verticale sau orizontale).

7. VALORIFICAREA SUBPRODUSELOR ȘI A DEȘEURILOR DE LA FABRICAREA ALCOOLULUI

Din procesul tehnologic de fabricare a alcoolului din melasă și materii prime amidonoase rezultă ca principale subproduse dioxidul de carbon, alcoolul tehnic (frunți și cozi) și uleiul de fuzel, iar ca deșeuri recuperabile borhoturile de cereale, cartofi și melasă.

Prin valorificarea integrală și complexă a subproduselor și deșeurilor rezultate, fabricile de alcool beneficiază de avantaje economice apreciabile, rezolvându-se parțial sau chiar integral și problema apelor reziduale.

7.1. DIOXIDUL DE CARBON

În timpul fermentării plămezilor din materii prime amidonoase sau melasă se degajă dioxid de carbon, care antrenează și cantități mici de alcool, produse secundare de fermentație cât și apă din plămadă, impurități care formează 0,5÷1% din cantitatea de gaz degajată.

Cantitatea de dioxid de carbon care rezultă teoretic prin fermentare reprezintă 48,8% din masa glucozei fermentate, 50,3% din masa maltozei și 54,3% din masa amidonului prelucrat. Dacă se admite că randamentul practic în alcool reprezintă 90% din cel teoretic vor rezulta următoarele cantități de dioxid de carbon:

- din 100 kg glucoză sau fructoză 43,9 kg CO₂;
- din 100 kg maltoză sau zaharoză 45,5 kg CO₂;
- din 100 kg amidon sau dextrine 48,9 kg CO₂.

Cantitatea recuperabilă de dioxid de carbon depinde de materia primă folosită, procesul tehnologic aplicat și mărirea linurilor de fermentare. Astfel, la prelucrarea cartofilor și cerealelor prin procedeul discontinuu, dioxidul de carbon este recuperat în proporție de circa 70%, iar la prelucrarea melasei prin procedeul discontinuu în proporție de circa 50%. În cazul fermentării continue a plămezilor cantitatea recuperată este mult mai mare.

Dioxidul de carbon poate fi prelucrat în următoarele moduri:

- prin purificare, comprimare și eventual lichefiere pentru fabricarea băuturilor răcoritoare carbogazoase și în alte industrii;
- pentru fabricarea carbonatului de calciu sau a carbonatului de amoniu.

Procesul tehnologic de purificare, comprimare și lichefiere a dioxidului de carbon se realizează cu ajutorul unor instalații speciale prezentate la fermentarea berii.

Dioxidul de carbon lichid trebuie să aibă o puritate de minimum 98%, să conțină maximum 0,1% apă, să nu conțină urme de ulei și alte gaze și să nu prezinte mirosuri străine. El se livrează în butelii speciale din oțel cu capacitatea de încărcare de 10 și 20 kg, rezistente la presiune ridicată până la 100 at.

Dioxidul de carbon se mai folosește în industria cărnii pentru asomarea porcilor, la fabricarea gheții carbonice (prin evaporarea dioxidului de carbon lichid în aparate speciale, când are loc o răcire puternică și solidificarea la temperatura de -78,9°C), care se utilizează la transportul alimentelor cu perisabilitate ridicată, în industria metalurgică la turnarea metalelor, în industria constructoare de mașini la sudura în atmosferă de dioxid de carbon, în medicină, cercetare, etc.

Carbonatul de calciu se obține în fabricile de alcool, folosind ca materii prime varul și dioxidul de carbon rezultat de la fermentație. Stingerea varului se efectuează cu apă caldă cu temperatura de 65÷70°C, care să permită obținerea unei temperaturi optime de stingere de 85÷90°C, în stingătoare rotative, din care se obține un lapte de var cu 18÷20% s.u. După stingere laptele de var este filtrat grosier și fin pentru separarea sterilului (părți insolubile) și introdus în vase de carbonatare, în care se introduce pe la partea inferioară sub agitare dioxid de carbon.

Operația de carbonatare are loc la temperaturi de 50÷60°C timp de 20÷60 minute, obținându-se o suspensie de carbonat de calciu care este concentrată mai întâi prin filtrare sub vid până la 50% s.u. și apoi prin uscare în instalații tip tunel până la o umiditate finală de 0,4÷0,6%.

După uscare produsul este măcinat într-o moară cu discuri, ambalat în saci, depozitat și livrat la beneficiari.

Carbonatul de calciu se fabrică în mai multe tipuri: A, B, C, I, în funcție de gradul de puritate și destinație. Astfel, tipurile A și I sunt folosite în industria de cosmetice, antibiotice și industria electrotehnică, tipul B în industria materialelor plastice și a cauciucului, iar tipul C de puritate mai redusă este destinat altor utilizări.

În funcție de tipul de carbonat de calciu fabricat, consumul specific de dioxid de carbon variază între 1000÷3500 kg/tona de produs finit.

Carbonatul de amoniu se obține în urma reacției dintre dioxidul de carbon și amoniac. Pe această cale se pot obține teoretic 2,17 tone carbonat de amoniu la o tonă de CO₂, randamentul practic este de 2 t/t de CO₂.

Carbonatul de amoniu se folosește ca adaos la furajarea animalelor, în cazul hranei sărace în proteine, având un coeficient ridicat de asimilare de circa 80%.

7.2. ALCOOLUL TEHNIC

Alcoolul tehnic (frunți și cozi) reprezintă amestecul de alcool frunți și cozi rezultat în instalațiile de rafinare, în care predomină frunțile. Alcoolul tehnic este folosit în industria lacurilor și vopselelor sau la fabricarea alcoolului denaturat.

În compoziția chimică a frunților intră:

- alcool etilic 93÷97%
- aldehide 0,3÷0,5%
- esteri 0,3÷2,6%
- metanol 0,4÷1,5%
- acizi organici volatili 0,07÷0,09%

Frunțile obținute de la rafinare se pot întoarce la fermentare sau la distilare. Prin reîntoarcerea frunților în plămezi la începutul fermentării se limitează formarea de noi produse secundare de fermentație ce conduce la

creșterea randamentului în alcool, iar prin întoarcerea lor la distilare se frânează procesul de formare a esterilor, iar unii acizi trec în borhot.

La rafinarea alcoolului brut din cereale și cartofi în instalații periodice, cantitatea de frunți este de 3,5%, iar în cele continue 2,6% față de alcoolul absolut. La prelucrarea melasei rezultă cantități mai mari de frunți de 4,2% în cazul instalațiilor periodice și 3,2% în cazul celor continue (Hopulele, T., 1980).

7.3. ULEIUL DE FUZEL

Uleiul de fuzel este un produs rezultat de la rafinarea alcoolului brut, format din impurități cu volatilitate mai redusă din care predomină alcoolii superiori: amilic, izoamilic, izobutilic, propilic. Alături de alcoolii superiori, se găsesc cantități mai mici de esteri ai acestora, acizi organici volatili și furfural. Pentru livrare, el trebuie să aibă o puritate de minimum 85%. Se întrebuințează ca dizolvant, ca atare, sau după esterificare cu acizi organici. În industria alimentară, se utilizează esterii alcoolilor amilic și butilic pentru aromatizarea bomboanelor.

7.4. BORHOTUL DIN CEREALE ȘI CARTOFI

Borhotul din cereale și cartofi rezultat de la distilarea plămezilor fermentate conține atât substanțe nefermentescibile din materia primă (celuloză, proteine, pectine, grăsimi, acizi nevolatili, substanțe minerale), resturi de amidon, dextrine și uneori chiar maltoză nefermentată, produse secundare nevolatile ale fermentației alcoolice (glicerină, acid lactic) cât și celule de drojdie.

Datorită substanțelor nutritive pe care le conține, în special a substanțelor azotoase asimilabile, borhotul din cereale și cartofi constituie un furaj valoros. Acesta se poate folosi în stare proaspătă, îmbogățit în vitamine sau în lactat de amoniu sau sub formă de borhot uscat. Digestibilitatea principalelor componente ale borhotului pentru animale și păsări este prezentată în tabelul 18. El mai poate fi folosit la obținerea preparatelor enzimatice fungice, a drojdiei de panificație și furajere, a unor antibiotice (biomicina), a cleiului de borhot.

Prin prelucrarea fără presiune a cerealelor și cartofilor rezultă un borhot cu o valoare furajeră mai ridicată decât în cazul fierberii sub presiune, la care au loc procese importante de degradare termică a unor substanțe valoroase din borhot. Astfel, în cazul folosirii procedului de dispersie, valoarea furajeră a borhotului crește cu circa 45%, iar digestibilitatea substanței organice cu circa 24% față de procedeul de fierbere sub presiune.

7.5. BORHOTUL DIN MELASĂ

Borhotul din melasă conține substanțele nefermentescibile din melasă, cantități mici de zahăr rezidual, produse ale fermentației alcoolice (glicerină, acizi) cât și celule de drojdie.

Deși valoarea nutritivă a borhotului din melasă este mai ridicată decât a celui din cartofi și cereale, folosirea lui la furajarea animalelor este limitată, datorită conținutului ridicat în substanțe minerale, cu acțiune laxativă. Nu se recomandă folosirea lui pentru furajarea vacilor gestante, porcilor și cailor.

Borhotul din melasă se utilizează pentru:

- obținerea drojdiei de panificație și a celei furajere;
- cultivarea microorganismelor producătoare de vitamină B₁₂ (cianocobamidă);
- obținerea betainei și acidului glutamic, a glicerinei;
- obținerea cleiului din borhot.

Drojdia de panificație se poate obține prin separarea drojdiei din plămezile de fermentare din melasă, spălarea și presarea ei până la 27÷29% s.u. Drojdia comprimată astfel obținută are o bună putere de fermentare, însă conservabilitatea ei este scăzută. Din această cauză ea se conservă prin uscare până la umiditatea de 7÷7,5% la temperaturi scăzute de 40÷55°C. În acest mod se pot obține circa 50 kg drojdie cu 25% s.u. la o tonă de melasă sau 15÷17 kg/m³ plămadă fermentată.

Drojdia furajeră se poate obține atât prin separarea drojdiei din plămezile fermentate sau din borhotul rezultat de la distilare și folosirea ei în formă lichidă sau după uscare pentru furajarea animalelor cât și prin cultivarea drojdiilor atipice pe borhot de melasă în amestec cu melasă în instalații speciale.

Vitamina B₁₂ se obține prin cultivarea submersă sub agitare și aerare a unor microorganisme pe borhot, rezultând 0,7÷1,1 mg vitamină B₁₂/l borhot și o biomasă bogată în proteine.

Betaina și acidul glutamic se pot obține cu ajutorul schimbătorilor de cationi sau prin hidroliză acidă. În primul caz borhotul este trecut printr-o instalație cu schimbători de ioni, în care betaina este reținută pe cationit iar acidul glutamic pe anionit, obținându-se după regenerarea rășinilor ionice clorhidratul de betaină și acidul glutamic, care se concentrează și se cristalizează în vederea obținerii produselor finite. Prin cea de-a doua metodă se concentrează borhotul până la 75% s.u. și se hidrolizează cu acid clorhidric concentrat timp de 30÷40 minute la 105÷106°C. Hidrolizatul se purifică, se concentrează și se cristalizează betaina, iar din filtrat se obține acidul glutamic sau glutamatul de sodiu.

8. TEHNOLOGIA FABRICĂRII DROJDIEI DE PANIFICAȚIE

Drojdia de panificație reprezintă o biomasă de celule din specia *Saccharomyces cerevisiae* (drojdie de fermentație superioară), biomasă formată din celule vii, capabile să producă fermentarea zaharurilor din aluat cu formarea de alcool etilic și dioxid de carbon, agentul de afânare al aluatului și alte produse secundare, cu rol în formarea pâinii.

Cultivarea drojdiei *Saccharomyces cerevisiae* în scopul obținerii de biomasă destinată industriei de panificație este un complex de procese fizico-chimice, biochimice, termoenergetice și microbiologice.

Din producția mondială de drojdie comprimată aproximativ 88% este folosită în industria panificației, iar restul pentru obținerea de izolate proteice, vitamine (grupul B) sau enzime (invertaza, dehidrogenaza, enzime ale complexului zimazic), încât în diferite țări consumul mediu de drojdie este de 1,4÷2,5 kg/locuitor și an.

Scopul principal al tehnologiei de fabricație a drojdiei de panificație îl reprezintă obținerea unei cantități maxime de biomasă de drojdie de calitate superioară cu consum minim de medii nutritive și de utilități. Se urmărește realizarea unor multiplicări optime a celulelor prin înmugurire, folosind culturi periodice înnoite, cu menținerea condițiilor prescrise de dezvoltare și luarea în considerare a stării fiziologice, a cantității de drojdie cuib și a tuturor factorilor limitativi.

Industria drojdiei de panificație din țara noastră a cunoscut o dezvoltare amplă până în anul 1989, atât prin modernizarea fabricilor existente, îmbunătățirea indicilor intensivi și extensivi de utilizare a utilajelor, cât și prin înființarea a noi capacități de producție.

În anul 1989 existau 6 fabrici de drojdie la Arad, București, Oradea, Seini, Țândărei și Bacău. După anul 1989, trei din aceste fabrici și-au încetat activitatea, fabrica de la Țândărei, definitiv prin scoaterea la licitație a utilajelor proprii, iar cele de la Oradea și Seini, temporar, prin intrarea în conservare.

Începând cu anul 1992, piața românească a fost invadată de drojdie de panificație importată din Turcia, Franța, Iugoslavia, Grecia, Bulgaria, astfel că, datorită unei concurențe neloiale și în lipsa unei protecții din partea statului producția de drojdie indigenă a scăzut foarte mult. În prezent, nici o fabrică din țară, din cele vechi, nu lucrează la capacitatea ei zilnică.

În anul 1999 a fost dată în funcțiune o nouă fabrică de drojdie, la Pașcani, cu capital integral turcesc, fabrică ce aparține concernului PAKMAYA – S.C. „ROMPAK” S.A.

Pe plan mondial, dintre firmele renumite din industria drojdiei de panificație se pot enumera Pressindustrie – Italia, Vogelbusch și Andritz – Austria, Pasilac – Danemarca, Mauri – Australia, Pakmaya, Akmaya, Safmaya, Ozmaya – Turcia, Liko – Cehia, Lesaffre – Franța.

În industria drojdiei de panificație se folosesc câteva scheme de obținere a drojdiei de panificație care se deosebesc prin procedeul tehnologic aplicat (clasic – discontinuu, semicontinuu, continuu), modul de folosire a materiei prime (cu plămezi diluate sau concentrate), numărul stadiilor de multiplicare, viteza de creștere, parametrii tehnologici utilizați (temperatură, pH, cantitatea de drojdie de însămânțare), ș.a.

Toate schemele existente prevăd acumularea continuă de biomasă.

Pe plan mondial, la baza schemelor tehnologice existente se află aceleași metode de cultivare, firmele producătoare de drojdie de panificație introducând diferențele lor specifice în tehnologie sau sub aspectul utilajelor folosite. Aceste diferențieri conduc și la obținerea de drojdii cu indici fizico-chimici diferiți, caracteristic fiecărei firme producătoare.

În țara noastră, în majoritatea fabricilor de drojdie, drojdia de panificație se obține după schema tehnologică prezentată în figura 18 și cuprinde ca etape principale:

- pregătirea melasei în vederea cultivării drojdiei;
- multiplicarea drojdiilor în cele cinci faze;
- separarea drojdiilor din mediul de cultură;
- filtrarea- presarea drojdiei;
- modelarea și ambalarea drojdiei de panificație – produs finit (fig.19).

Drojdia de panificație se prezintă astăzi, în comerț, în mai multe forme diferite: drojdia comprimată (proaspătă), drojdie uscată activă (ADY), drojdie uscată activă protejată (PADY) și drojdie uscată instant (IDY).

În prezent necesarul zilnic de pâine în țara noastră este de circa 1000 tone. Pentru aceasta sunt necesare 180 tone de drojdie de panificație. Capacitatea internă pentru producție este de 120 tone zilnic (24000 tone anual) dată de fabricile producătoare de drojdie Arad, București, Oradea, Seini și Bacău.

În S.U.A. producția drojdie de panificație a fost organizată încă din 1868 și este disponibilă astăzi în mai multe forme diferite.

Cea mai populară formă este drojdia comprimată (proaspătă), care se comercializează în pachete vrac ca drojdie sfărâmată și ca drojdie pentru prăjituri ambalată în hârtie ceruită. Drojdia în calupuri pentru prăjituri este folosită acum îndeosebi în instalații de coacere mai mici, pentru că aceasta este în pachete de 0,5 kg sau de 2,5 kg, ori în cutii, pentru a ușura procesul de cântărire în aceste mici brutării (laboratoare). În timp ce drojdia comprimată este folosită în general într-o suspensie de apă rece pentru a ușura măsurarea în sisteme automate de dozare, cea mai mare parte a drojdiei în calupuri se adaugă direct în amestec fie sfărâmată, fie în suspensie, sub formă de maia. Acest tip de drojdie este ușor încorporată în aluat și începe imediat fermentarea zaharurilor, chiar înainte ca aluatul să fie complet frământat.

Drojdia pastă cu un conținut de substanță uscată de 18% a fost disponibilă în industria de panificație din S.U.A. după anul 1980. Instalarea inițială a unui sistem pentru fabricarea drojdiei pastă poate costa de la 200.000 la 500.000\$. Depozitată la temperatura recomandată de 2^oC cu o ușoară agitare în tanc, drojdia pastă are o durată de păstrare de până la 3 săptămâni.

Drojdia uscată activă (ADY) a fost realizată în anul 1940 ca răspuns la nevoile speciale din timpul celui de-al doilea război mondial. Drojdia uscată activă nu necesită refrigerare în afară de cazul când trebuie depozitată o perioadă mai lungă. Dacă este ambalată sub vid sau într-o atmosferă inertă, drojdia uscată activă are o durată de păstrare de până la 2 ani. În producerea sa se combină o tulpină specială de *Saccharomyces cerevisiae* cu condiții specifice de creștere și un procedeu de uscare atent controlat. Drojdia uscată activă are un

conținut de proteine relativ scăzut (38÷42%) și un conținut ridicat de zaharuri (39÷47%). Pentru a obține rezultate bune drojdia uscată activă trebuie rehidratată în apă caldă înainte de a se adăuga în aluat. Producătorii de drojdie recomandă ca aceasta să fie efectuată cu 4÷6 părți apă la 38÷43°C, pentru fiecare parte de drojdie uscată activă timp de 5÷10 minute. Raportat la substanța uscată drojdia uscată activă are o activitate echivalentă cu 65÷75% din cea a drojdiei proaspete. Motivul pentru care drojdia uscată se rehidratează în apă caldă este acela că în timpul procesului de uscare membranele celulelor de drojdie pot deveni foarte poroase. Acestea pot fi refăcute mai rapid în apă caldă decât în apă rece, care încetinește procesul de rehidratare. Apa rece poate de asemenea să determine solubilizarea până la jumătate din componentele solubile din celulele de drojdie, care include glutatationul. Glutatationul solubilizat este un puternic agent reducător care nu numai că reduce timpul de frământare, dar slăbește și structura glutenului din aluat. Aceasta poate duce la o reducere semnificativă a volumului specific al pâinii.

O formă stabilă de drojdie uscată activă (ADY) este drojdia uscată activă protejată (PADY). Acest tip de drojdie a fost fabricat în 1960 ca ingredient pentru mixturi cu un conținut de umiditate mai scăzut și având adăugați oxidanți și emulgatori. Emulgatorii ușurează rehidratarea drojdiei și astfel ajută la reducerea solubilizării componentelor celulare din drojdie. Durata de păstrare a drojdiei uscate protejate poate fi până la de două ori mai mare decât forma obișnuită neprotejată.

O altă formă de drojdie uscată cunoscută ca drojdie uscată instant (IDY) a fost fabricată în 1960. Această drojdie a fost rezultatul unei noi tulpini de *Saccharomyces cerevisiae* cu condiții de creștere și uscare diferite și al adăugării de emulgatori. Se ambalează sub vid sau în atmosferă inertă și poate avea o durată de păstrare de un an la temperatura camerei. Raportat la substanța uscată, activitatea acesteia variază de la 80 la 90% din cea a drojdiei proaspete. Drojdia uscată instant are un conținut de umiditate de 5%. Un conținut de proteine de 43÷44% împreună cu circa 40% hidrați de carbon, nu numai că asigură activitatea bună a drojdiei în aluat, dar are, de asemenea, o foarte bună stabilitate în timpul depozitării în pachete nedeschise. Odată ce pachetul a fost deschis și drojdia uscată instant s-a expus la oxigenul din aer durata de păstrare a drojdiei se reduce substanțial. Este foarte important ca drojdia uscată instant să fie rehidratată, fie în apă caldă (30÷43°C), fie prin adăugarea sa la făină pe durata procesului de frământare. Particulele foarte fine ale acestei drojdie fac acest lucru posibil în majoritatea aluaturilor. Aluaturile foarte uscate, cum ar fi cele pentru pâine baghetă, constituie totuși o excepție și pot conține o umiditate insuficientă pentru rehidratarea drojdiei pe durata frământării. Indiferent de metoda de adăugare folosită este important de reamintit că drojdia uscată instant nu se adaugă niciodată în apă rece. Solubilizarea glutatationului din celulele de drojdie în timpul unei rehidratări necorespunzătoare poate avea ca efect o slăbire semnificativă a structurii de gluten. În același timp, aceasta furnizează avantajul potențial al reducerii timpului de frământare al aluatului.

Pe lângă tipurile de drojdie obținute, producătorii de drojdie din S.U.A. pun la dispoziție drojdie speciale pentru produse specifice, cum ar fi: aluaturi fără zahăr, aluaturi foarte dulci, arome (drojdie inactive) și altele.

În S.U.A. se folosesc și altfel de drojdie pentru prepararea pâinii. Astfel cultura microbiană folosită pentru producerea pâinii acide de San Francisco conține o drojdie specifică (*Saccharomyces exiguus*) care spre deosebire de drojdia de panificație este incapabilă să fermenteze maltoza. Această drojdie este capabilă să coexiste cu bacteria heterofermentativă *Lactobacillus San Francisco* care produce câțiva acizi organici diferiți, pe lângă acidul lactic la un nivel de pH 3,8÷4,5. Această drojdie specială pentru aluaturi acide este un excelent producător de dioxid de carbon gazos pentru creștere, dar nu tolerează frigul la fel de bine ca *Lactobacillus* și ca drojdia de panificație.

În S.U.A. se folosesc ca materii prime pentru fabricarea drojdiei, în afară de melasă și pseudomelasele care reprezintă siropuri cu compoziții asemănătoare cu cele ale melaselor, dar cu adaos de substanțe nutritive și de biostimulatori. În decembrie 1981 a fost creată firma Nutrisearch în scopul utilizării zerului în producerea de drojdie de panificație și proteine.

Fabricarea drojdiei de panificație în fosta U.R.S.S. a cunoscut și cunoaște o dezvoltare continuă prin aplicarea realizărilor din domeniul bioenergiei și eliminarea deficitelor din fabricile moderne de drojdie. Astfel, fabrica de drojdie din orașul Kurgansk produce 12.500 tone drojdie de panificație pe an, din care 1.300 tone drojdie uscată. Specialiștii fabricii au conceput o instalație care purifică apa reziduală, reziduul se usucă și se folosește în hrana animalelor.

Din 1976, funcționează pe lângă fabrica de zahăr din Erken-Sahar o secție de drojdie ce utilizează procedeul de multiplicare cu plămezi concentrate și produce 8.400 tone drojdie pe an.

Fabrica de drojdie din Riga cu o producție de 8.000 tone pe an prezintă câteva particularități în procesul tehnologic: folosește apă răcită la temperatura de 5°C în procesul tehnologic (pregătirea patului de pornire), iar alimentarea liniilor este automatizată (dozatoare); apa de la prima treaptă de separare se folosește la diluarea melasei, are un conținut de 3÷4% substanță uscată, ceea ce duce la scăderea consumului de melasă.

Fabrica de drojdie din Moscova produce 22.500 tone drojdie pe an, în medie 66,5 tone pe zi. Din anul 1975 folosește tehnologia de fabricare cu plămezi concentrate.

În Germania, printre cele mai mari întreprinderi s-au dezvoltat până la al doilea război mondial, Norddeutsche, Hefeindustrie Berlin (astăzi Deutsche Hefewerk GmbH). Prin evenimentele din timpul războiului și după război majoritatea fabricilor au suferit din greu. În 1949 existau 20 de fabrici în Germania, iar în 1960, numărul lor a crescut la 27.

În Polonia existau în 1970, 8 fabrici de drojdie de panificație, din care o fabrică producea și drojdie uscată.

În Suedia, printre fabricile de drojdie se numără și fabrica din Rotebro, construită în anul 1976. Fabrica are o capacitate de producție de 16.500 tone pe an, din care 5% sub formă de drojdie uscată și 95% drojdie comprimată cu 28% substanță uscată.

Drojdiile ocupă un loc unic în lunga istorie a omenirii. Nici un alt grup de microorganisme nu a fost mai intim asociat cu progresul și bunăstarea omenirii ca drojdiile.

Din timpuri străvechi au fost folosite microorganisme în dese rânduri inconștient, pentru fermentarea aluatului la fabricarea pâinii. Maiiaua acidă reprezintă primul preparat de drojdie care a fost folosit ca mijloc de afânare a aluatului și își are originea la egipteni (anul 6000 î.d.H.). Mult timp prepararea drojdiei de panificație a rămas la acest stadiu de tehnică. Din Egipt tehnologiile de fabricare a pâinii au fost preluate în Grecia și de aici în Roma Antică și Imperiul Roman.

Un progres considerabil l-a adus folosirea drojdiilor de bere și vin și a drojdiilor de la fabricarea alcoolului în scopuri de panificație, drojdiile care încă din secolul al XVIII-lea rezultau ca produse reziduale ale acestor mici industrii. Prin introducerea în fabricile de bere a drojdiei de fermentație inferioară, acestea nu au mai putut fi folosite în panificație atât datorită unei temperaturi optime mai scăzute cât și conținutului mai ridicat în enzime proteolitice care atacă glutenul, ceea ce face ca pâinea să nu crească. Astfel fabricile de alcool au rămas singura sursă de drojdie de panificație, căutându-se să se mărească randamentul în drojdie în dauna celui în alcool, cantități însă insuficiente pentru satisfacerea cererii crescânde. De aceea, s-au căutat căi pentru a mări cantitățile de drojdie de alcool și au apărut procedee mai distincte pentru fabricarea drojdiei în scopuri de panificație.

Procedeul cel mai vechi, care a avut drept scop fabricarea drojdiei presate, este așa numitul procedeu olandez, utilizat pentru prima dată la Schiedam (Olanda) în jurul anului 1800. În anul 1810 procedeul a fost introdus și în Germania.

Primul pas important în dezvoltarea tehnologiei drojdiei de panificație a fost procedeul vienez, apărut în 1860. Acesta se baza pe fermentația unor plămezi vâscoase obținute din malț, porumb și secară. Pentru protejarea de contaminări, înainte de fermentarea propriu-zisă a drojdiei, plămada era supusă unei fermentații lactice timp de 24÷56 ore la temperaturi între 50 și 60°C. Fermentația în timpul căreia se formau aproximativ 15 kg de drojdie din 100 kg materie primă (pe lângă 30÷32 l alcool), dura 10 ore la 24÷34°C. Separarea drojdiei din plămezi se realiza prin îndepărtarea spumei care era apoi spălată de mai multe ori și apoi presată în filtre-presă.

Introducerea presei cu pârghie de către Tebhenhaff în anul 1820, a fost un pas înainte pentru formarea drojdiei presate, pentru forma sa de vânzare. În anul 1867 ea a fost înlocuită prin filtrul presă a lui Dohne care se folosește și în prezent. Prima mașină continuă de fasonat și porționat drojdia a fost construită de Simmen în 1878.

Începând din anul 1880, când Pasteur a descoperit rolul oxigenului în multiplicarea drojdiei (efectul Pasteur) s-a introdus aerarea plămezilor, obținându-se randamente superioare în drojdie, până la 50÷60%. La îmbunătățirea acestora a contribuit și constatarea că multiplicarea drojdiei are loc mai rapid în plămezi mai diluate (circa 4^oBllg) și atunci când se folosește o cantitate mai mare de cuib de drojdie.

Howman a folosit în Anglia în anul 1896 un sistem de aerare, la scară industrială, în linul de fermentare la producerea drojdiei. Cerealele erau baza materiei prime, iar randamentul a crescut de la 10÷13 kg la 20 kg drojdie presată din 100 kg materie primă cu o scădere a producției de alcool de la 28÷30% la 20÷21%. La sfârșitul secolului materia primă pentru producerea drojdiei se compunea din circa 50÷55% porumb, 25÷30% malț verde și 10÷15% germeți de malț. Încă din anul 1895 s-au depus eforturi, în primul rând în Austria, ca să se înlocuiască hidrații de carbon scumpi din cereale, prin zahărul mai ieftin, din melasă. Prin diluții avansate ale melasei, corectarea pH-ului, adaosuri de substanțe nutritive, cantități mari de cuib de drojdie, cât și printr-o aerare intensă a mediului s-a ajuns la randamente ridicate de drojdie comprimată de circa 10% față de melasă, fără ca în mediu să se mai formeze alcool etilic. Acest procedeu cunoscut sub denumirea de procedeu prin aerare și alimentare continuă este utilizat și astăzi la fabricarea drojdiei de panificație.

Prin folosirea exclusivă a melasei din anul 1925 la fabricarea drojdiei de panificație au fost ridicate probleme pentru alimentarea cu azot a drojdiei, căreia până atunci nu i se acordase nici o atenție sau numai foarte puțin. Procedeul lui Wohl și Scherdel a reprezentat un important progres, deoarece a propus ca la cultivarea drojdiei în plămezi din melasă, 10÷50% din azotul organic să fie înlocuit prin azot anorganic. Prin aceasta se oferea și posibilitatea să se facă mai ușor bilanțul adaosurilor de azot.

Un alt pas important în dezvoltarea tehnologiei drojdiei de panificație l-a reprezentat introducerea separatoarelor centrifugale pentru separarea economică a drojdiei din mediul său de cultivare. Mult timp plămada frământată se pompa în așa numitele cazane de limpezire, unde drojdia trebuia să se depună și de unde era separată prin decantare de plămada alcoolică sau de apa de spălare, pentru ca de aici să fie dusă la filtrele presă. La început s-au folosit separatoare cu funcționare periodică (1892, Copenhaga), înlocuit apoi cu separatoare centrifugale cu funcționare continuă, produse de firmele Westfalia și Alfa-Laval. De asemenea, și pentru limpezirea melasei, care până atunci se realiza prin decantare, au fost realizate separatoare pentru limpezire, cu evacuarea continuă sau periodică și automată a nămolului separat.

Necesitățile pentru mărirea stabilității în timp a drojdiei au condus la dezvoltarea gradată a drojdiei uscare active. O drojdie uscată de calitate inferioară era cunoscută înainte de 1900 și drojdia de panificație uscată

numită "Florylin" se găsea în comerț în Germania după 1918, dar eforturile concentrate pentru producerea pe scară largă a unui produs acceptabil n-au fost făcute decât după 1920.

O drojdie uscată bună a fost fabricată în Australia la începutul anilor 1940, dar cantități mari au fost fabricate în America de Nord în timpul celui de-al doilea război mondial. Mai apoi s-au făcut în mod treptat îmbunătățiri, dar drojdia uscată n-a înlocuit în totalitate folosirea drojdiei comprimate (umedede).

În afară de utilizarea în panificație, drojdiile sunt folosite pentru producerea pe scară industrială de proteine, aminoacizi, vitamine enzime, introduse în prezent în hrana animalelor,

În multe țări ale lumii drojdiile de panificație se consideră cele mai economice și utile materii prime pentru producerea extractelor proteice cu concentrație mare de proteine. În ultimii ani, s-a observat tendința sporirii fabricării drojdiei de panificație pentru obținerea de proteine alimentare, deoarece indicatorii săi organoleptici sunt apropiați de indicatorii proteinelor extractelor de carne. După calculele Institutului Alimentar AMH al Rusiei, cerința unui singur om în drojdie o constituie 2 kg pe an. Conform datelor pe anul 1985 cerințele de drojdie pentru un singur om au fost: în Finlanda - 2,5 kg, Anglia - 1,8 kg, S.U.A. - 1,4 kg, fosta U.R.S.S - 1,49 kg.

În prezent, datorită cunoștințelor în domeniul geneticii s-au pus bazele ameliorării drojdiilor industriale și modalităților practice de îmbunătățire a calităților lor prin inducerea, identificarea, izolarea și caracterizarea unor mutante și linii cu proprietăți biologice și economice superioare, obținerea unor hibrizi și recombinării prin tehnici de inginerie genetică și fuziune de protoplaști au deschis largi perspective pentru ameliorarea drojdiilor industriale, fuziunea de protoplaști facilitând obținerea unor hibrizi intraspecifici, interspecifici și intergenetici prin depășirea barierelor sexuale și a eliminării incompatibilității genetice.

În ultimii ani, în industria drojdiei de panificație, s-au realizat progrese semnificative care au contribuit la îmbunătățirea randamentelor de fabricație, a calității drojdiei și implicit la îmbunătățirea eficienței economice a producției de drojdie.

Preocupările cercetărilor din acest domeniu important al industriei alimentare s-au îndreptat, în special, în următoarele direcții principale:

- *selecționarea unor tulpini de drojdie cu însușiri calitative superioare;*
- *îmbunătățirea mediului de cultivare a drojdiilor;*
- *perfecționarea tehnologiilor de fabricație;*
- *perfecționarea funcționării utilajelor tehnologice.*

În industria panificației calitatea drojdiei este dependentă de viteza cu care aceasta se adaptează la condițiile din aluat și în special pentru a produce maltază. Printre glucidele existente în aluat sau formate în urma hidrolizei amidonului sub acțiunea α și β -amilazei prezente în făină (sau din surse exogene), există o diferență în secvența de absorbție și fermentare. Astfel cel mai rapid sunt absorbite hexozele (glucoza), apoi zaharoza și maltoza. Celula de drojdie absoarbe ușor hexozele care trec prin membrana citoplasmatică celulară prin difuzie simplă în cazul în care există un gradient de concentrație între concentrația lor în exteriorul celulei și prin translocare de grup a esterilor fosforici ai hexozelor prin intermediul hexokinazelor.

Zaharoza este hidrolizată în exteriorul membranei citoplasmatică, în regiunea peretelui celular unde este localizată invertaza și este absorbită cu o viteză echivalentă cu cea a hexozelor din care este formată, respectiv glucoza și fructoza, glucide direct fermentescibile. Fermentarea succesivă se explică prin adaptarea treptată a celulei, prin inducerea enzimelor adaptive, pe măsură ce în mediu se epuizează hexozele.

Maltoza, principalul diglucid prezent în aluat este fermentat numai după o perioadă de inducție necesară pentru formarea enzimei maltaza (α -glucozidaza). Maltoza și maltotrioza pătrund în celula de drojdie sub influența unor permeaze specifice induse în prezența lor, enzime care se comportă ca sisteme active de transport. După pătrunderea în interiorul celulei, maltoza sub acțiunea α -glucozidazei induse este hidrolizată în glucoză (2 moli) și are loc fermentarea rapidă.

Harris specifică existența a cinci gene distincte, responsabile pentru formarea α -glucozidazei și fermentarea maltozei de către *Saccharomyces cerevisiae*. Metabolizarea maltozei este sub controlul a 5 gene MAL complex încât pentru a se produce fermentarea maltozei acționează o genă reglatoare pentru maltază și pentru maltozopermează. Ambele enzime sunt induse de către maltoză și sunt represate metabolic de către glucoză. Astfel, adaosul de glucoză poate conduce la inițierea următoarelor efecte: o scădere a activității enzimatică, inactivarea maltazei sau represia catabolică a sintezei enzimatică.

Controlul fermentării maltozei este realizat prin două mecanisme diferite și anume prin transcripție, când are loc transmiterea informației genetice de către gena structurală prin intermediul acidului ribonucleic mesager care apoi efectuează translația. Ca rezultat se produce reglarea genetică a biosintezei enzimelor adaptive, respectiv a maltozopermeazei și a maltazei(α -glucozidazei).

O drojdie bună de panificație trebuie să aibă un timp cât mai scurt de inducere pentru sinteza maltazei și maltozopermeazei. Capacitatea maltazică își pierde din importanță pentru alaturile preparate cu adaos de zaharoză sau siropuri de amidon. În timpul depozitării drojdiei de panificație, capacitatea ei de a fermenta maltoza descrește mult mai mult decât cea de a fermenta glucoza. Sarea inhibă fermentarea maltozei în mai mare măsură decât a altor glucide, precum și multiplicarea drojdiilor din specia *Saccharomyces cerevisiae* (Dan, V., 1999).

În țara noastră, tehnologia de obținere a drojdiei de panificație prevede ca materie primă melasa, bogată în diglucidul zaharoză. Prin utilizarea în panificație drojdia trece de la un mediu de cultivare bogat în zaharoză,

la un mediu specific aluatului bogat în maltoză. De aceea este foarte important de a obține drojzii cu activitate maltazică superioară, prin reducerea perioadei de inducere și stimularea vitezei de fermentare a maltozei care se formează în aluat sub acțiunea enzimelor amilolitice ale făinii.

8.1. PREGĂTIREA MELASEI ÎN VEDEREA MULTIPLICĂRII DROJDIEI

În vederea transformării melasei într-un mediu favorabil pentru multiplicarea drojdiei sunt necesare aceleași operații pregătitoare de la fabricarea alcoolului din melasă și anume:

- diluarea melasei;
- acidularea;
- limpezirea și sterilizarea.

8.1.1. Diluarea melasei

Melasa introdusă în fabricație este mai întâi cântărită în vederea stabilirii consumurilor specifice și a randamentelor în drojdie, după care se efectuează operația de diluare.

Diluarea melasei la fabricarea drojdiei se realizează în două etape:

- diluarea inițială până la 60°Bllg în scopul creșterii fluidității, care să permită curgerea liberă a melasei prin conducte și să favorizeze sedimentarea impurităților mecanice aflate în suspensie în cursul operației de limpezire;
- diluarea finală până la concentrația corespunzătoare fazei respective de multiplicare a drojdiei.

8.1.2. Acidularea melasei

După diluarea melasei se face acidularea, de regulă cu acid sulfuric până la un pH final de 4,5÷5. Acidul sulfuric adăugat contribuie la limpezirea melasei și în același timp pune în libertate acizii organici din sărurile lor. Prin aciditatea pe care o creează în plămezi acidul sulfuric protejează drojdia în cursul multiplicării față de contaminările cu microorganisme străine, astfel încât nu este necesar să se lucreze în condiții absolute pure.

Acidularea plămезilor se face diferențiat în funcție de faza de multiplicare a drojdiei. Astfel, în primele trei faze de multiplicare a drojdiei, aciditatea este mult mai ridicată decât în ultimele două faze, pentru a se evita apariția contaminărilor.

Pentru corectarea pH-ului plămезilor de melasă din diferite faze de multiplicare se pot folosi și alți acizi, cum ar fi acidul fosforic, acidul lactic, etc.

8.1.3. Limpezirea și sterilizarea melasei

Operația de limpezire a melasei este absolut necesară pentru îndepărtarea suspensiilor și substanțelor coloidale care sunt dăunătoare pentru dezvoltarea drojdiei și conduc la închiderea culorii drojdiei – produs finit.

Pentru limpezirea melasei se folosesc în practică mai multe procedee: limpezirea prin sedimentare; limpezirea prin centrifugare; limpezirea prin filtrare.

Limpezirea melasei prin sedimentare se efectuează prin încălzire până la fierbere și păstrarea melasei astfel tratate în vederea decantării naturale.

Procedeul de limpezire prin sedimentare reprezintă procedeul clasic de limpezire a melasei, care se realizează la cald sau la rece în vase de limpezire prin adaos de acid sulfuric și barbotare de aer comprimat. Este unul din procedeele cele mai eficiente de limpezire a melasei deoarece sub acțiunea ionilor de H⁺ ai acidului sulfuric are loc coagularea substanțelor coloidale încărcate cu sarcină negativă și astfel îndepărtarea lor din melasă. În afară de aceasta acidul sulfuric eliberează din sărurile lor acizi volatili dăunători pentru multiplicarea drojdiei, care pot fi apoi îndepărtați prin fierbere și aerare. Sub acțiunea acidului sulfuric are loc și descompunerea nitriților toxici pentru drojdie la dioxid de azot care se îndepărtează apoi prin fierbere și aerarea melasei. De asemenea, are loc în mediu acid și invertirea unei părți din zaharoză, formându-se glucoză și fructoză direct asimilabile, care accelerează multiplicarea drojdiei.

În cazul în care melasa este de bună calitate se poate aplica și procedeul de limpezire la rece cu acid sulfuric, care durează 8÷10 ore.

Procedeul de limpezire prin sedimentare prezintă dezavantajul unei productivități mai scăzute și a unor spații de dimensiuni mari pentru limpezire, deoarece pentru fiecare litru de multiplicare a drojdiei din fazele III, IV și V este necesar un vas de limpezire cu capacitatea de 10÷15m³.

În prezent, se preferă aplicarea de tehnici de curățire și sterilizare continuă a melasei într-un proces complet automatizat. Pentru acest scop se folosesc separatoare centrifugale și schimbătoare cu plăci, realizându-se o purificare a melasei de până la 95%.

Cele mai cunoscute metode și instalații de curățire și sterilizare continuă poartă denumirea Westfalia și Alfa-Laval, după denumirea firmelor producătoare.

În instalația Westfalia melasa este acidulată slab în prealabil cu acid sulfuric, diluată cu apă fierbinte și preîncălzită la 55°C. Într-un schimbător de căldură cu plăci melasa este încălzită și menținută la temperatura constantă de 140°C cu ajutorul unui circuit de reglare. Melasa trece prin zona de menținere a temperaturii timp de 6 secunde ajungând apoi într-un recipient de detenție unde este răcită la 15°C. Apoi este trecută în separatorul centrifugal. Eliminarea nămolului din separatorul centrifugal se efectuează automat printr-un dispozitiv de comandă și ventile magnetice. În timpul eliminării nămolului se întrerupe alimentarea cu melasă în separator.

Instalația „Alvotherm” a firmei Alfa-Laval urmărește asigurarea sterilizării melasei la 120°C prin încălzire indirectă cu abur, menținere la această temperatură timp de 10 secunde și recuperarea în mare parte a energiei termice consumate.

În unele țări, pentru limpezirea melasei se utilizează filtrele Schenck, filtre cu kieselgur, obținându-se randamente ridicate în biomasă și un produs de culoare mai deschisă.

8.1.4. Adaosul de substanțe nutritive

Drojdiile au nevoie pentru creștere, multiplicare și menținerea activităților biologice de prezența în mediul de cultivare de substanțe nutritive care să conțină pe de o parte, elemente chimice necesare pentru sinteza constituenților celulari, pentru activitatea enzimelor și sistemelor de transport și, pe de altă parte, să le furnizeze substanțele necesare pentru producerea de energie biologic utilă.

Zarnea și colab.(1980) consideră că un mediu de cultură poate fi definit ca un suport nutritiv sterilizat, care permite dezvoltarea și studiul unui microorganism în afara nișei ecologice naturale. Fiechter (1981,1984) arată că proiectarea sistematică a mediilor de cultură poate fi făcută în șase etape:

- *selecția componentelor și a formei în care acestea sunt prezentate în mediu;*
- *prepararea mediului;*
- *diagrama preliminară (concentrația biomasei și a substratului funcție de diluție);*
- *determinarea constantelor de saturare și inhibiție pentru sursa carbon;*
- *optimizarea mediului;*
- *utilizarea tehnicii chemostatului în cazul folosirii mediului cu compoziția optimă.*

Pentru estimarea microelementelor necesare dezvoltării drojdiilor pot fi utilizate datele prezentate în literatură referitoare la necesitățile nutriționale ale microorganismelor. Deși în lucrările de specialitate sunt prezentate și rețete de mediu, utilizarea acestor rețete trebuie făcută cu multă prudență, iar rețetele de medii industriale reprezintă secrete de fabricație.

Un aspect foarte important care trebuie avut în vedere pe parcursul procedurii de proiectare și optimizare a mediilor de cultură îl constituie cerințele tehnico-economice, deoarece prețul materiilor prime reprezintă 10-60% din costul de producție.

Întrucât pot folosi numai energie eliberată prin reacții chimice oxidative, drojdiile aparțin tipului de nutriție chimiotrof, heterotrof, în sensul că nu-și pot sintetiza substanțele proprii decât pornind de la substanțe organice pe care să le descompună până la produși simpli utilizabili în metabolismul lor. Din acești compuși ele își realizează scheletele carbonice necesare sintezei constituenților celulari și energia necesară pentru a permite inițierea reacțiilor de biosinteză (Dan, V., 1999).

Nutriția hidrocarbonată. Carbonul reprezintă circa 50% din totalul compușilor organici, de aceea necesarul în compuși de natură hidrocarbonată este foarte mare.

Principala sursă de energie și de carbon pentru drojdie este reprezentată de glucide. Natura și concentrația optimă diferă de tipul de drojdie și de caracteristicile procesului tehnologic. Drojdiile se dezvoltă pe medii ce conțin hexoze (D-glucoză, D-manoză și D-fructoză). D-galactoza nu este fermentată decât în cazul unor adaptări speciale a drojdiilor. Pentozele nu sunt metabolizate de către drojdia de panificație.

Lactoza nu este consumată de drojdiile de panificație. Melibioza este asimilată de către drojdiile din specia *Saccharomyces uvarum*, dar nu și de cele din specia *Saccharomyces cerevisiae*, fiind astfel un test pentru diferențierea celor două specii.

Cu privire la concentrațiile optime de hexoze, în condițiile din industrie, în funcție de scopul de utilizare și de tehnologia aplicată s-au stabilit limite bine definite. Astfel, pentru drojdia de panificație se folosesc medii cu concentrații de glucide fermentescibile de circa 2%, în cazul utilizării tehnologiei clasice și de până la 10% în aplicarea la procese cu aerare intensivă. La scăderea concentrației apare pericolul mărit de contaminare, respectiv de asimilare a glucidelor de către alte microorganisme prezente în mediu. Concentrații ridicate de glucide în mediu împiedică înmulțirea drojdiilor din genul *Saccharomyces*. Astfel, la concentrații de peste 20% apar fenomene de plasmoliză din cauza presiunii osmotice prea ridicate în mediu.

Asimilarea glucidelor depinde, în afară de concentrație, de temperatură, pH, cantitatea de celule prezente în mediu cât și de alți factori.

La începutul fiecărei faze de creștere, în producția industrială a drojdiei de panificație, trehaloza (drojdiile de panificație conțin până la 14% trehaloză) este repede și aproape complet metabolizată, dar este resintetizată în ultima parte a fazei de creștere (Suomalainen și Pfaffi, 1961). Această mobilizare rapidă a rezervei de carbohidrați poate duce la acumularea unei rezerve de energie ce va fi folosită în faza de lag, când celulele se pregătesc de diviziune. Trehaloza este hidrolizată specific de trehalază care este o α -glucozidază.

Drojdiile din specia *Saccharomyces cerevisiae* pot asimila etanolul și produșii de oxidare ai etanolului, acetaldehidă și acidul acetic, precum și glicerina și acidul lactic.

Fiind facultativ anaerobe, drojdiile de panificație sunt înzestrate cu mecanisme de schimb anaerob și aerob. Direcția schimbului hidraților de carbon în celulele de drojdie depinde nu numai de prezența sau absența aerării, dar și de concentrația și tipul surselor de hidrați de carbon. În condiții aerobe, la cultivarea pe medii care conțin glucoză (precum și fructoză și zaharoză) în cantitate mai mare de 5 g/l, se observă o glicoliză intensă, așa numita fermentare aerobă sau efectul Crabtree. Prin fermentare aerobă se oprimă enzimele ciclului acizilor tricarbolicici (represie catabolică) și în mediul nutritiv se acumulează etanol. După scăderea concentrației glucidelor în mediul nutritiv se activează enzimele de respirație și celulele trec la metabolismul oxidativ în timpul căruia drojdia asimilează alcoolul format. Începe a doua fază logaritmică a creșterii.

Direcția metabolismului influențează compoziția celulelor de drojdie, mai ales conținutul seriei de metaboliți care participă în reacțiile importante ale celulei. În tabelul de mai jos sunt prezentate date despre

conținutul aminoacizilor liberi la *Saccharomyces cerevisiae*, cultivată pe medii cu diferite concentrații de glucoză și în medii cu galactoză. Prin mărirea conținutului de glucide în mediul nutritiv, cantitatea de aminoacizi liberi în celulă scade, totuși mult mai brusc modificarea se observă în mediile cu glucoză. În același timp se activează enzimele care participă la schimbul anaerob al hidraților de carbon, piruvatdecarboxilaza și alcooldehidrogenaza.

La creșterea drojdiei pe galactoză, în același timp au loc procese de respirație și fermentație, totuși prin mărirea conținutului de galactoză în mediul nutritiv se intensifică respirația și se oprimă într-o oarecare măsură fermentarea. Tipul sursei de carbon exercită o influență asupra concentrației și conținutului în diferiți metaboliți.

Este evidentă deosebirea substanțială a drojdiilor cultivate pe mediul cu etanol: un conținut mai ridicat în proteine, decât la drojdiile cultivate pe medii nutritive cu melasă, mai mulți aminoacizi liberi. S-au descoperit, de asemenea, câteva deosebiri în fracțiile peptidice: la drojdiile cultivate pe medii cu etanol, fracția peptidică conține mai multă cistină și mai puțini acizi diaminocarboxilici, decât la drojdiile cultivate pe medii cu glucoză. Drojdiile cultivate pe etanol sunt mai bogate în ergosterol, decât drojdiile cultivate în mediu glucidic, ceea ce explică metabolismul aerob la creșterea drojdiei pe etanol (Gancedo, J.M., 1973).

Proteinele drojdiilor se pot separa în câteva fracții. Conținutul total în azot, proteine și proteine separate în fracții la cultivarea drojdiilor pe medii cu compoziție diferită sunt prezentate în tabelul 22. Primele două fracții reprezintă proteine de tipul albuminelor, globulinelor și parțial nucleoproteide, a 3-a și a 4-a fracție proteine greu solubile.

La drojdia *Saccharomyces cerevisiae* predomină fracțiile proteice 1 și 2. Tipul și concentrația sursei de carbon în mediul nutritiv exercită o influență asupra spectrului proteic de fracții ale drojdiei.

Modificarea compoziției mediului nutritiv sau intensificarea aerării influențează direcția și viteza proceselor biochimice principale ale celulei și determină nu numai activitatea generală a enzimelor, dar și prezența și activitatea enzimelor separate. Tipul și concentrația sursei de carbon în mediul nutritiv determină activitatea enzimelor glicolizei, ciclului acizilor tricarboxilici și enzimelor care participă la glicogeneza. De exemplu, glucoza este represor catabolic al activității enzimelor ciclului glioxalic: malatsintetaza, izocitratliaza, malatdehidrogenaza. O sensibilitate deosebită, la prezența glucozei în mediul nutritiv o prezintă fructozo-1,6-difosfataza, provenită din celulele de drojdie numai după îndepărtarea din mediul nutritiv a glucozei. La creșterea drojdiilor pe medii nefermentative (etanol, lactat), adaosul în mediul nutritiv de glucoză provoacă inactivarea rapidă și totală a fructozo-1,6-difosfatazei.

Dintre enzimele care participă la procesele respiratorii ale celulei de drojdie, cea mai sensibilă la represiile catabolice este citocrom-c-oxidaza (la concentrații ale glucozei de 0,1%). Pe măsura consumului de glucoză activitatea enzimelor ciclului glioxalic se restabilește.

Nutriția azotată are un rol important în metabolismul drojdiilor, azotul fiind elementul major din compoziția proteinelor, enzimelor.

Drojdiile prezintă o anumită particularitate în nutriția azotată pentru că ele produc enzime proteolitice intracelulare, enzime cu molecule mari, endogene, încât drojdiile nu pot folosi protidele în nutriția azotată. Aceste enzime proteolitice devin active când celula de drojdie este lipsită de mediu nutritiv, acționând asupra compușilor celulari producând autoliza celulei de drojdie și în final moartea celulei (Dan, V., 1975).

Pentru *Saccharomyces cerevisiae*, sărurile anorganice de amoniu servesc ca sursă bună de azot, asigurând creșterea normală a celulei și biosinteza tuturor compușilor azotați. Majoritatea aminoacizilor naturali, cu excepția acidului aspartic, asparaginei, acidului glutamic și glutamnei sunt asimilați de *Saccharomyces cerevisiae* mult mai lent decât ionii de amoniu, cu toate că celulele de drojdie conțin permeaze pentru aminoacizi. Transportul aminoacizilor are loc la fel ca și a glucidelor, prin absorbție și difuzie până la un nivel care nu depășește concentrația lor în mediu, peste acest nivel transportul se realizează cu ajutorul unor transportori specializați. Sunt date în literatură care arată că, azotul din acidul aspartic și asparagină este asimilat de două ori mai repede decât azotul amoniacal, iar acidul glutamic este asimilat după ionul de amoniu (Anghel, I. et al., 1989).

Aminoacizii în celula de drojdie sunt supuși dezaminării și transaminării, totuși nu este exclusă posibilitatea, ca unii dintre ei să fie utilizați direct în sinteza de proteine.

Prin cultivarea drojdiei de panificație pe medii fără biotină (sursa de carbon-glucoza), prin adaosul în mediul nutritiv de acid aspartic se mărește considerabil creșterea drojdiilor. Efectul stimulator maxim s-a observat la adaosul concomitent de acid aspartic și acizi grași nesaturați. Adaosul acidului aspartic poate compensa parțial deficitul de biotină.

La cultivarea drojdiei *Saccharomyces cerevisiae* pe medii cu etanol ca sursă de carbon, biomasa rezultată se mărește dacă în mediul nutritiv se adaugă o cantitate de 0,075% acid glutamic. S-a dovedit că acidul glutamic favorizează utilizarea etanolului în biosinteză. O influență stimulatorie a creșterii, alături de acidul glutamic, o exercită și glutatoniul. Influența favorabilă a aminoacizilor indicați se manifestă numai în cazurile în care ei se adaugă în mediul nutritiv la începutul procesului de cultivare (Beker, M.E., 1977).

Saccharomyces cerevisiae nu poate asimila β -aminoacizii, ca de exemplu β -alanina și acidul β -aminobutiric. β -alanina, deși neutilizabilă ca sursă de azot, este un factor de creștere, iar atunci când este adăugată în cantități mici poate mări creșterea drojdiei în prezența unei surse asimilabile de azot.

Prezența unor aminoacizi în cantități excesive exercită acțiuni toxice asupra drojdiilor. Astfel, Middelhoven (1977) citează cazul cisteinei la concentrații mai mari de $25 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Lewis și Phaff au studiat

fenomenele de eliminare a substanțelor azotoase din drojdie în mediu, denumind fenomenul “excreție șoc”. Prin realizarea unei suspensii de drojdie într-o soluție de glucoză se elimină rapid aminoacizii care se absorb apoi lent în două sau trei ore. Cantitatea depinde de tulpina de drojdie, de conținutul de aminoacizi intracelulari, de temperatură. S-a ajuns la concluzia că acest șoc este rezultatul schimbului de substanțe în celulă la fluxul continuu de glucide fermentescibile prin membrana celulară.

Comparând influența diferitelor săruri de amoniu asupra creșterii drojdiilor, Pirshle(1930) a găsit că fosfatul de amoniu bibazic utilizat ca sursă de azot determină o creștere eficientă a drojdiei de panificație. Surse la fel de bune includ fosfatul de amoniu mono-și tribazic, sulfatul de amoniu, bicarbonatul, acetatul, lactatul și tartratul, în timp ce clorura de amoniu s-a dovedit inferioară ca sursă de azot (Anghel, I. et al., 1989).

Azotul amoniacal liber în funcție de concentrație a fost găsit că are un efect limitant în rata de fermentare a drojdiilor și rata de creștere. Pe de altă parte, ionul de amoniu influențează rata de producere a alcoolului, influența lui fiind condiționată de raportul lui cu ionul fosfat (Marchetti, R. et al., 1991).

Drojdiile nu pot asimila nitrații (care pot să aibă un efect de inhibare al multiplicării), iar nitriții au efect toxic și opresc dezvoltarea drojdiilor. La un conținut în mediu de 0,0005% nitrit este inhibată înmugurirea normală a drojdiilor. Conținutul în nitriți de 0,004% inhibă înmulțirea drojdiilor de cultură cu 50%, iar la cantitatea de 0,02% se reduce înmugurirea. Nitriții modifică morfologia celulelor, întârzie respirația, inhibă multiplicarea și activitatea fermentativă. Cea mai mare sensibilitate o prezintă în faza lag de creștere. S-au efectuat cercetări care au arătat că, dacă concentrația nitriților în mediu se micșorează în cursul multiplicării drojdiilor de la 0,004% la 0,002%, randamentul în drojdie se mărește cu 8÷10%, iar la concentrații de 0,001% se mărește cu 17÷21%. Kauzman arată că o concentrație de 0,01% NO₂ a micșorat randamentul și puterea de fermentare a drojdiilor.

Nutriția minerală. Este un proces fiziologic prin care microorganismele preiau din mediu substanțe minerale care intră în constituția compușilor celulari. Diferitele elemente necesare nutriției minerale intră în structura metalenzimelor, a pigmentilor, a unor vitamine și sunt necesare în cantități foarte mici. La doze prea mari substanțele minerale pot produce efecte toxice (Dan, V., 1999).

Un tablou general asupra efectului concentrației optime de ioni asupra echipamentului enzimatic și rolul structural pentru drojdie este pe larg prezentat de Soumalainen și Oura (1970), James (1984, 1986). Performanțele drojdiei sunt dramatic influențate de modificările concentrației ionilor limită, uneori în intervale foarte înguste. Concentrația optimă pentru fiecare tip de ioni nu poate fi individual definită. De fapt, variația unor ioni selectați pot să producă efecte de stimulare sau inhibare în funcție de concentrația altor ioni sau nutrienți.

Încercarea de optimizare a mediilor de fermentare, prin manipularea compoziției lor ionice, necesită cunoștințe mai profunde despre interacțiunile fizico-chimice, în care sunt implicați atât ionii cât și soluțiile lor și funcționalitatea membranei celulare.

Fosforul este un element necesar atât pentru creșterea drojdiilor cât și pentru fermentație, el reprezintă, sub formă de oxizi, aproape 50% din cenușa drojdiei.

Dintre toate substanțele minerale, fosfații au importanța cea mai mare (Markham, 1967). Aceștia sunt consumați pentru dezvoltare, iar în caz de exces se stochează în celule, putând fi reutilizați în cazul lipsei de fosfor în mediu, drojdia dezvoltându-se în continuare. Fosforul participă la transmiterea energiei în celulele de drojdie prin intermediul ATP și ADP, rolul acestuia fiind evidențiat la metabolismul glucidic.

Sulful care intră în compoziția aminoacizilor cu sulf este preluat de drojdie din sulfatul anorganic care însă poate fi înlocuit parțial sau în întregime de alți compuși anorganici sau organici cu sulf.

Cele mai multe specii de *Saccharomyces* manifestă o creștere bună atunci când sulfatul este înlocuit cu sulfid sau tiosulfat. Ele sunt însă incapabile de a utiliza aminoacizii cu sulf ca de exemplu, cisteina sau cistina, drept surse de sulf. Absorbția sulfatului cere energie și atât glucoza cât și nutrienții cu azot trebuie să fie prezenți în mediu. Intensitatea de aerare în cultivarea lui *Saccharomyces cerevisiae* influențează capacitatea sa de a folosi diferite surse de sulf. Mărirea aerației și diminuarea nutriției în timpul propagării industriale a drojdiilor de panificație duce la o diminuare a conținutului total de sulf din celule.

Koty(1959) a dovedit că absorbția sulfului decurge cu aceeași intensitate în ambele cazuri de aerobioză și anaerobioză.

Potasiul, element din grupa metalelor alcaline este necesar drojdiilor atât pentru creștere cât și pentru fermentație. Absorbția ionului K este înlesnită de absorbția glucozei, când aceasta este consumată, ionii de K devin netransportabili. Când ionii de K sunt absenți din mediu, fosforul nu mai poate fi absorbit. Potasiul joacă un rol cheie în reglarea transportului cationilor bivalenți, în producerea de celule și rata de fermentare. S-a observat că necesarul în potasiu al drojdiilor a crescut cu rata de creștere. Potasiul se regăsește în cantități de 2,4÷2,8 % în drojdie (K₂O în s.u.). În melasele normale, potasiu exprimat în K₂O se găsește în proporție de 2,5÷4,5%. Melasele cu un conținut sub 2,5% K₂O au influență negativă asupra conservabilității drojdiei.

Magneziul este considerat un factor de creștere necesar pentru drojdie, el fiind un activator al transfosfatazei, enolazei și carboxilazei. Când creșterea drojdiilor a fost limitată de către magneziu, randamentul în celule a scăzut, iar în compoziția proteinelor s-a observat o scădere a conținutului în lizină și acid glutamic. De asemenea, magneziului i se atribuie un rol în reducerea activității de fermentare. În general, melasele sunt deficitare în magneziu, care trebuie să fie asigurat la prepararea plămăzilor prin adăugarea unor săruri de

magneziu. În literatura de specialitate se menționează ca optime următoarele cantități de azot, fosfor și magneziu care se adaugă sub formă de soluții la prelucrarea melasei (Banu, C. et al., 1978):

Azot (N ₂)	1,6÷1,8% față de masa melasei;
Fosfor (P ₂ O ₅)	0,6÷0,8% față de masa melasei;
Magneziu (MgO)	0,1÷0,15% față de masa melasei.

Calciul, deși aparent neesențial pentru creșterea celulelor de drojdie, stimulează creșterea și fermentația. Prezent sub formă de clorură în mediul de cultură, în concentrații de 25÷50 mg·dm⁻³ poate stimula înmulțirea drojdiei *Saccharomyces cerevisiae*.

Litiul frânează fermentația alcoolică, dar stimulează multiplicarea drojdiei în doze de până la 3mg·dm⁻³ mediu.

Borul stimulează activitatea complexului zimazic, în special a fosfatazei alcaline, dar blochează activitatea fosfatazei acide.

Fluorul poate fi prezent în medii cu săruri de fosfor și inevitabil este adus cu acestea în mediul de cultură. Prezența permanentă a fluorului în mediu duce la adaptarea drojdiei la acesta. Din datele specialiștilor polonezi, drojdiile sunt capabile să asimileze fluor până la concentrația de 10÷30 mg/kg fără o influență vizibilă asupra ritmului de creștere. NaF în cantitate de 20 mg·dm⁻³ în mediu frânează activitatea vitală a drojdiei.

Aluminiul în concentrație de 0,01÷-0,1 mg·dm⁻³ contribuie la sinteza ARN la drojdie. Aluminiul este toxic, frânând activitatea drojdiei la concentrații de 54 mg·dm⁻³ și are efect letal la 540 mg·dm⁻³ (în soluții de Al₂SO₃).

Fierul intră în compoziția multor metalenzime, succinat dehidrogenaza, catalaza și altele. Posedând valență schimbătoare, participă activ la reacțiile de oxidoreducere. În absența ionilor de fier drojdia nu crește, totuși concentrațiile ridicate în fier sunt toxice. Conținutul admisibil al fierului în mediu este de 20 mg/dm³. Fierul intră în mediul de cultură cu melasa și alte componente în cantitate suficientă pentru biosinteza celulară.

Cuprul posedă valență schimbătoare și în calitate de transportor de ioni, participă la reacții de oxidoreducere. Cuprul stimulează activitatea complexului zimazic și într-o măsură mai mică activitatea maltazei. Cuprul intră în compoziția multor oxidoreductaze, în concentrație de 0,01÷0,25 mg·dm⁻³ contribuie la multiplicarea drojdiei. Concentrații mai ridicate frânează activitatea vitală a drojdiei, la concentrații de 50 mg·dm⁻³ produce inactivarea fiziologică a celulei.

Zincul intră în compoziția multor metalenzime. De exemplu, molecula de glicerolaldehidfosfatdehidrogenază conține 2 atomi de zinc, moleculele de alcooldehidrogenază și piruvatkinază conțin 4 atomi de zinc. Zincul accelerează activitatea enzimelor complexului zimazic și a maltazei, îmbunătățește puterea de creștere a drojdiei. El joacă un rol important în metabolismul celulelor și în concentrație de 0,2 mg·dm⁻³ accelerează activitatea vitală a drojdiei. Conținutul în zinc de 130 mg·dm⁻³ oprește multiplicarea (Novakovskaia, S.S., Sisatkii, I.I., 1980).

Melasa conține în general majoritatea factorilor (zaharoză, acizi organici, vitamine, săruri minerale, etc.) care asigură sinteza de către celula de drojdie a substanțelor mai sus menționate și în consecință desfășurarea normală a funcțiilor fiziologice a acesteia. Este însă deficitară în azot, fosfor, magneziu și uneori în alte elemente.

Pentru ca drojdia să se dezvolte normal, în vederea asigurării de randamente și calitate corespunzătoare, concomitent cu alimentarea cu melasă în timpul multiplicării drojdiilor, se efectuează și alimentarea cu soluție de substanțe nutritive, care conțin azot și fosfor. Necesarul de azot și fosfor, pentru ca în final drojdia să conțină circa 1,8% azot și 0,8% fosfor, se calculează anticipat în raport cu rezultatele analizei melasei. Este necesar să se calculeze de fiecare dată necesarul de azot și fosfor, deoarece excesul în aceste elemente nu constituie în fond decât o risipă care mărește inutil cheltuielile de fabricație. În cazul melaselor deficitare în magneziu, la prepararea soluțiilor nutritive se adaugă și săruri care conțin acest element.

Substanțele nutritive se adaugă în plămезile de melasă sub formă de soluție limpede pasteurizată în prealabil pentru a se evita pericolul de contaminare. Instalația de preparare a soluțiilor de substanțe nutritive este formată din vase metalice pentru prepararea soluțiilor, vase pentru depozitarea soluțiilor și vase de dozare a soluțiilor de substanțe nutritive, care sunt confecționate din material antiacid, întrucât soluțiile de substanțe nutritive sunt corosive. Instalațiile clasice de preparare a soluțiilor de substanțe nutritive sunt formate numai din vase de solubilizare. Ele prezintă dezavantajul antrenării sedimentului depus în linurile de multiplicare și faptul că, pentru fiecare lin de multiplicare este necesar un vas de solubilizare. Soluțiile preparate de substanțe nutritive trebuie menținute la temperaturi peste 65°C prin încălzirea lor cu ajutorul unei serpentine cu abur, pentru a se evita contaminările cu microorganisme. La prepararea lor trebuie să se urmărească prin analiză de laborator să nu conțină anumite elemente toxice pentru drojdie peste limita admisă (în sulfat de amoniu, acid sulfuric și superfosfat de calciu, arsenul să nu depășească 0,0001%, plumbul în sulfatul de amoniu 0,001%, iar în acidul sulfuric 0,001%).

8.2. MULTIPLICAREA DROJDIILOR

8.2.1. Bazele procesului de multiplicare a drojdiei

Procesul de multiplicare și mecanismul biochimic de formare și dezvoltare a masei celulare nu sunt în întregime cunoscute în prezent, deși se cunosc contribuțiile celor mai mulți factori ce participă în acest complex.

În condițiile experimentale, dinamica multiplicării drojdiilor este bine cunoscută. Procesul evoluează într-o serie de faze succesive.

Faza de latență, de creștere zero sau de lag reprezintă etapa de timp când după inoculare numărul celulelor rămâne neschimbat, sau chiar scade, noile condiții de mediu implică latența inducției acelor enzime necesare pentru adaptarea la mediul nutritiv. Faza de latență apare deci ca o perioadă de adaptare la condițiile noi de cultură, în care drojdiile viabile din inocul își acumulează în celulă metaboliți și sistemele necesare creșterii, în cazul în care aceste componente biochimice le lipseau datorită condițiilor de mediu anterioare inoculării.

Faza de multiplicare exponențială sau de creștere logaritmică este caracterizată prin aceea că, după o scurtă perioadă (circa 2 ore) de accelerare a ritmului de creștere, în care multiplicarea se produce cu o viteză progresivă mărită, acest ritm devine constant și caracteristic în anumite condiții de cultură, durata unei generații fiind minimă. Perioada de echilibru poate fi menținută numai atât cât nu intervin alterări importante, pe care creșterea le poate provoca în compoziția mediului. Numărul de celule de drojdie și cantitatea de materie vie formată crește temporar după o progresie geometrică cu rația 2. Celulele aflate în faza exponențială de multiplicare sunt cele mai potrivite pentru cercetări de genetică și fiziologie.

Faza staționară (de maturare) în care numărul celulelor viabile este maxim și rămâne constant o perioadă de timp. Celulele de drojdie nu mai înmuguresc, își măresc volumul și tind spre forma sferică, se rotunjesc. Această fază durează 1÷2 ore, în care nu se mai face alimentarea cu melasă și săruri lăsându-se drojdia să-și consume substanțele de rezervă din celulă (exemplu, glicogen) și o parte din acizii organici din mediu. Întrucât funcțiile respiratorii ale celulei sunt acum slăbite se micșorează debitul de aer la circa 50% din valoarea maximă folosită în faza logaritmică. Celulele de drojdie au în această fază caracteristicile morfologice cele mai tipice genului și speciei.

Faza de declin se caracterizează printr-o scădere în progresie geometrică în raport cu timpul a numărului de celule vii. Pe măsură ce mediul devine mai puțin favorabil, celulele vii încetează a mai forma muguri, deși activitatea lor mai continuă un timp după care mor și intră în autoliză. Acest declin poate interveni cu mai multă întârziere la tipurile “robuste” de drojdie. La sfârșitul acestei ultime faze se înregistrează maximum absolut al numărului total de celule formate pe parcursul întregii evoluții a culturii.

Cunoașterea ratei de creștere a culturilor de drojdie este importantă în cercetare pentru studiul proprietăților fiziologice a tulpinilor selecționate și în tehnologia de fabricație pentru stabilirea condițiilor de reproducere când acestea sunt folosite în calitate de cultură starter sau pentru obținerea avantajoasă a unor compuși intracelulari.

După stabilirea experimentală a curbei de creștere se pot calcula următorii parametri:

- **Creșterea exponențială și timpul de generație:**

Numărul de diviziuni celulare:

$$n = \frac{\lg N - \lg N_0}{\lg 2(t - t_0)}$$

în care:

- N_0 – număr celule inocul;
- N – numărul de celule rezultate prin înmugurire.

- **Constanta vitezei de reproducere:**

$$v = \frac{n}{t} = \frac{\lg N - \lg N_0}{\lg 2(t - t_0)}$$

în care:

- t – timpul de cultivare

- **Timpul necesar pentru un ciclu de reproducere sau timpul de generație :**

$$g = \frac{t}{n} = \frac{1}{v}$$

în care:

- g - timpul de generație, pentru dublarea numărului de celule;
- n – număr de diviziuni;
- v – constanta vitezei de reproducere.

Timpul de generație pentru *Saccharomyces cerevisiae* la temperatura de 30°C este de 2 ore (Prescott, L.M., 1990).

După introducerea inoculului, când în mediu există o cantitate suficientă de oxigen, drojdiile pot produce oxidarea glucidelor fermentescibile până la produșii finali ai respirației și are loc înmulțirea celulelor. Apoi procesul de respirație se reduce și se intensifică procesul fermentativ, iar celulele existente cresc în dimensiuni și în celule se acumulează glicogen.

Pentru stabilirea vitezei de înmulțire se calculează coeficientul K_m care exprimă numărul de celule noi ce se formează pentru fiecare celulă existentă, în timp de o oră cu relația :

$$K_m = \frac{2,3(\log N_2 - \log N_1)}{t_2 - t_1}$$

în care:

N_1 - număr inițial după inoculare (la timpul t_1);

N_2 - număr de celule format în mediu în perioada t_2-t_1 .

La cultivarea drojdiilor în plămezi de melasă s-a constatat în condiții practice o anomalie în desfășurarea logaritmică a curbei de dezvoltare, drojdia înmulțindu-se prin impulsuri ritmice.

În cazul proceselor continue, rata de creștere a celulelor de drojdie, după Monod și Maxon (1955), se exprimă prin relația:

$$\mu = \lambda \frac{db}{dt} \cdot \frac{1}{B},$$

unde,

μ - rata de creștere specifică;

λ - rata de diluție sau fracția volumică de lichid care părăsește vasul în unitatea de timp ;

db/dt - procentul de drojdie nouă din cantitatea constantă B în vasul de multiplicare.

Cercetările au permis stabilirea unor ecuații matematice și a relațiilor dintre următorii factori care se iau în considerare la calculul multiplicării drojdiei:

- coeficientul de multiplicare;
- modulul (factorul) de creștere orară;
- viteza de asimilare a zahărului.

Coeficientul de multiplicare este un prim factor. Dacă se notează cu A masa de drojdie care se află la un moment dat în mediu, viteza de înmulțire în acel moment este Ar, în care r este un factor constant al condițiilor specifice de mediu, denumit coeficient de multiplicare. Coeficientul r se exprimă în grame de celule noi formate într-o oră din gramele de celule de drojdie ce se aflau în mediu. Cantitatea de drojdie, care se află în mediu, după o perioadă t de multiplicare, poate fi calculată după următoarea ecuație:

$$A = A_0 \times e^{r \times t}$$

în care:

A - masa brută a drojdiei produsă în timpul t, în grame;

A_0 - masa drojdiei cuib, în grame;

e - baza logaritmică Neperiană egală cu 2,3718;

r - coeficientul de multiplicare.

Prin derivarea acestei ecuații poate fi obținută viteza de înmulțire care este:

$$\frac{dA}{dt} = r \times A_0 \times e^n = Ar$$

Deseori, se aplică ecuația Michaelis-Menten pentru descrierea comportării microorganismelor în decursul dezvoltării drojdiei. Ea se exprimă prin relația:

$$\mu = \mu_m \times \frac{S}{K_s + S}$$

în care:

μ - factorul de dezvoltare;

μ_m - factorul de dezvoltare maximă;

S - este concentrația mediului;

K_s - este constanta de saturație, respectiv concentrația mediului la jumătatea factorului de dezvoltare.

Constantele au fost determinate experimental în medii de glucoză. Astfel Hartree (1948) a găsit pentru μ_m valori de 0,37 ore și pentru k, valori de $3,6 \cdot 10^{-4}$ M la temperatura de 30^0 C și pH de circa 4.

Modulul orar de creștere (H) este un factor cu valoare practică pentru calculul creșterii orare în greutate a unei cantități de drojdie supusă multiplicării. Dacă presupunem că modulul orar $H = 1,2$ aceasta înseamnă că 1 g de drojdie crește la 1,2 g într-o oră, la 1,2 kg la 2 ore, $1,2^t$ în t ore. Prin urmare:

$$A_0 \times e^{r \times t} = A_0 \times H^t$$

Egalând ecuațiile 1 și 2 rezultă că:

$$A = A_0 \times H^t$$

sau:

$$e^n = H^t$$

Prin logaritmare obținem:

$$\ln(e^{r \times t}) = \ln(H^t)$$

sau:

$$H = e^r$$

Numeroase cercetări care s-au efectuat cu privire la randamentele maxime de drojdie ce se pot obține din zahărul conținut de melasă, au evidențiat că în cele mai bune condiții drojdia folosește pentru înmulțirea ei 2/3 din carbonul moleculei de hexoză, iar restul de 1/3 pierzându-se sub formă de dioxid de carbon. Deci, o drojdie de panificație cu 27% substanță uscată conține 12,7% carbon. Un gram de zahăr invertit conține 0,4 g carbon, din care, dacă se folosesc numai 2/3 pentru formarea celulelor noi de drojdie, rezultă că pentru 0,127 g carbon, care se găsesc într-un gram de drojdie, sunt necesare 0,476 g hexoză.

Viteza de asimilare a zahărului în t ore de la începerea procesului de multiplicare este dată de derivata:

$$\frac{dV}{dt} = 0,476 \times r \times A_0 \times e^{r \times t}, \text{ unde:}$$

$$r \times A^0 \times e^{r \times t} = A \times r$$

$$\frac{dV}{dt} = 0,476 \times A \times r$$

Pentru obținerea de randamente maxime în drojdie este necesar ca în plămadă concentrația de zahăr să fie scăzută, aceasta realizându-se prin adaosuri progresive de melasă cu un debit orar corelat cu necesitățile de multiplicare ale drojdiilor. Este indicat ca în orice moment din perioada alimentării, zahărul din plămadă să fie consumat înainte de sosirea porțiunii următoare de melasă, dacă se ignoră această condiție, excesul de zahăr se pierde sub formă de alcool.

$$A_0 = \frac{100}{0,476 \times (e^{1,92} - 1)} = 361 \text{ kg drojdie de însămânțare}$$

Dacă valoarea factorului r este cunoscută, cantitatea corectă de drojdie de însămânțare se determină din ecuația

$$G = 0,476 \times A_0 \times (e^{r \times t} - 1),$$

unde G este masa zahărului asimilat în t ore. Spre exemplu, dacă o plămadă trebuie să fie alimentată cu 1000 kg zahăr din melasă în 12 ore și s-a determinat factorul r = 0,16, rezultă că sunt necesare: cantitatea inițială de zahăr la timpul zero trebuie să fie de 0,476 x r x A₀ = 27,5 kg/h (sau 55 kg melasă tip 50%). Cantitatea de zahăr și implicit de melasă preparată crește progresiv, astfel că în a 6-a oră este de 0,476 x r x A₀ x e^{0,96} = 71,8 kg/h, iar în ora a 12-a, spre exemplu de 0,476 x r x A₀ x e^{1,92} = 188 kg/h.

Un calcul mai simplu constă în stabilirea necesarului de zahăr, care trebuie să se adauge în plămadă orar, în baza modulului orar de creștere H. În cazul exemplului menționat mai sus:

$$H = e^r = e^{0,16} = 1,175 \text{ kg}$$

Cele 361 kg drojdie cuib vor spori la 361 x H în prima oră, deci în prima oră se vor forma 632 kg drojdie. Aceasta necesită pentru multiplicare 0,476 x 632 = 301 kg zahăr.

8.2.2. Drojdia de cultură *Saccharomyces cerevisiae*

Se urmărește obținerea în laborator a unor culturi de celule cât mai omogene, în ceea ce privește metabolismul, randamentul, viteza de înmulțire, capacitatea de reproducere și calitatea produsului finit. Înmulțirea culturilor se efectuează treptat, primele faze realizându-se în laborator și în continuare, în stația de culturi pure a producătorului de drojdie de panificație.

Menținerea purității se realizează prin izolarea de celule individuale din culturi ce s-au comportat bine, din probe preluate din ultima fază de multiplicare. Pentru izolarea de celule se practică, în funcție de mediul nutritiv, metode cu substrat lichid (Lindner și Hansen) și metode cu substrat solid (Koch și Hansen).

După izolare se trece la verificarea purității culturilor izolate, vizual cu ajutorul microscopului și prin însămânțări pe suprafața mediului nutritiv, solidificat în plăci Petri. Prin controlul vizual al eprubetei, se poate observa uniformitatea creșterii și prezența indicatorilor morfologici caracteristici pentru specia izolată. Prin control microscopic, în preparate umede se observă forma celulelor și absența microorganismelor de contaminare.

Cultura pură de laborator se analizează și din punct de vedere al aspectului, a numărului de celule moarte, pentru a avea siguranța că este corespunzătoare. Drojdia pură trebuie să fie sedimentată într-un strat compact pe fundul vasului; când drojdia este răspândită în masa lichidului și aglomerată în flocoane vizibile, denotă faptul că mediul de cultură a fost contaminat. Celulele de drojdie moarte se identifică cu ajutorul metodei de colorare cu soluție de albastru de metilen.

În vederea asigurării de parametri cât mai uniformi în decursul multiplicării în producție, este necesară conservarea culturilor pure de drojdie. În momentul constatării unor fenomene de degenerare, de contaminare sau apariției de mutante care modifică însușirile drojdiilor, precum și a unei proporții prea mari de celule moarte, se procedează la schimbarea culturii. Un laborator specializat în prepararea, conservarea și livrarea de culturi pure dispune de o micotecă cu o gamă largă de tulpini de drojdie cu caracteristici bine cunoscute, care le livrează la cererea producătorilor de drojdie de panificație.

Dintre tehnicile aplicate pentru conservarea culturilor pure, bazate pe prelungirea fazei staționare de creștere și evitarea etapei de declin, se cunosc următoarele:

- **repicarea periodică prin transfer de celule** din eprubeta cu cultura pură în care mediul nutritiv este epuizat, în eprubeta cu mediul nutritiv steril cu compoziție similară. Metoda necesită un mare volum de muncă, prezintă risc de contaminare și este greu de realizat atunci când numărul de culturi este mare;
- **prelungirea intervalului între două repicări prin scăderea vitezei de metabolism a celulelor** se poate realiza prin:
 - *menținerea culturilor la temperaturi scăzute*, în condiții de refrigerare sau congelare;
 - *privarea de oxigen*: cultura dezvoltată în mediu solidificat se acoperă cu un strat de ulei de parafină steril, prevenindu-se în acest fel și uscarea mediului;
 - *reducerea umidității mediului* conduce la trecerea celulelor în stare de anabioză care poate fi menținută timp îndelungat fără a se produce modificări intracelulare, ireversibile;
 - *păstrarea culturilor în stare liofilizată*, este tehnica cea mai răspândită și avantajoasă deoarece prelungeste cel mai mult intervalul de conservare a culturilor, fără să producă modificări ale proprietăților lor fiziologice (Dan, V., 1999).

Scopul selecționării unei tulpini de drojdie este obținerea în laborator a unor culturi pure de celule cât mai omogene, în ceea ce privește metabolismul, randamentul, viteza de înmulțire, capacitatea de reproducere și calitatea produsului finit.

Principalele condiții pe care trebuie să le îndeplinească o cultură pură de laborator, destinată fabricării drojdiei de panificație sunt următoarele (Dan, V., 1999):

- să posede o capacitate mare de fermentare, indiciu că tulpina de drojdie conține tot complexul enzimatic. Aceasta este o proprietate complexă și reflectă activitatea combinată a produselor mai multor gene. Foarte important pentru industria panificației este utilizarea de drojdie cu potențial înalt de fermentare a maltozei;
- să posede o rată de creștere și randament pe medii cu noi surse de carbon;
- să fie pură din punct de vedere microbiologic;
- să fie viguroasă pentru a rezista diferitelor microorganisme de contaminare;
- să suporte o concentrație cât mai mare de săruri, dat fiind compoziția melasei;
- să fie acomodată la anumite doze de conservanți, care să inhibe microorganismele de contaminare;
- să posede rezistență la congelare și uscare;
- să-și păstreze proprietățile biotehnologice timp îndelungat. Această proprietate este condiționată genetic.

Selecționarea constă în izolarea unei singure celule, căreia i se creează apoi condiții de multiplicare până la obținerea unei cantități ce este testată într-o stație pilot, în vederea stabilirii însușirilor care caracterizează tulpina respectivă de drojdie. Dacă aceasta prezintă caracteristicile dorite, devine una din tulpinile de bază, care se multiplică în fazele de laborator și apoi se introduce în fabrică. Producătorii de drojdie de panificație acordă o atenție deosebită conservării în condițiile impuse a tulpinii de drojdie, ca aceasta să fie ferită de contaminare și păstrată la temperatura prescrisă pentru a evita apariția unor mutații care ar influența negativ calitatea și randamentul drojdiei finite.

În prezent, datorită cunoștințelor din domeniul geneticii s-au pus bazele ameliorării drojdiilor industriale și modalităților practice de îmbunătățire a calităților lor prin inducerea, identificarea, izolarea și caracterizarea unor mutante și linii cu proprietăți biologice și economice superioare, obținerea unor hibridi și recombiati prin tehnici de inginerie genetică și fuziune de protoplaști.

Aprecierea concentrației de celule de drojdie din medii lichide prin metode directe. Pentru aprecierea numărului de celule de drojdie aparținând speciei *Saccharomyces cerevisiae* în medii de multiplicare sau de fermentare și evaluarea vitezei de creștere se pot folosi metode de numărare directe cu ajutorul camerelor de numărare. De exemplu, se poate utiliza camera Thoma. Această cameră prezintă o rețea cu suprafața de 1 mm² divizată în 400 microcelule elementare și o adâncime de 0,1 mm încât volumul suspensiei de celule pentru numărare corespunzător unei microcelule este de 1/4000 mm³.

Relația de calcul folosită în determinări va fi:

$$N = n \times 4 \times 10^6 \times K$$

în care:

- n = număr mediu de celule/microcelule;
- 4.10⁶ = factor de transformare în cm³ a volumului microcelulei elementare;
- k = factor de diluție (facultativ);
- N = număr celule/cm³ suspensie).

Determinarea viabilității celulelor de drojdie. Metoda se aplică frecvent pentru evaluarea calității drojdiei comprimate, a stării fiziologice și determinarea procentuală a celulelor autolizate, a influenței unor factori de mediu asupra activității fiziologice a celulei de drojdie. În principiu, metoda se bazează pe faptul că celulele de drojdie neviabile fie în urma procesului de autoliză fie a unui factor exterior ce produce modificări ireversibile în structura proteinelor, își pierd proprietățile fermentative. Prin suspendarea celulelor de drojdie în soluție diluată de albastru de metilen (1:10.000 în citrat de sodiu 2%), celulele inactive fiziologic, se vor colora în albastru deoarece în urma inactivării reductazelor, nu se mai produce trecerea colorantului în forma sa de leucoderivat incolor, așa cum are loc în celula vie, activă. Cu ajutorul camerei Thoma se poate face numărarea separată a celulelor neviabile (autolizate), din total celule și exprimarea lor procentuală / cm³ sau grame drojdie comprimată.

8.2.3. Multiplicarea drojdiei în laborator

Multiplicarea celulelor de drojdie se efectuează în două etape, în laborator și apoi în fabrică.

Se pleacă de la o cultură pură de drojdie obținută la un institut specializat sau chiar în laboratorul fabricii prin metoda izolării în picături sau în plăci. Cultura de drojdie de bază se păstrează pe must de malț cu agar la întuneric și la temperaturi scăzute de $2\pm 5^{\circ}\text{C}$ luându-se toate măsurile de a o feri de contaminare cu microorganisme străine.

Multiplicarea culturii de drojdie în laborator are loc în patru faze, folosindu-se ca mediu de cultură must de malț. În prima fază se prepară cultura de drojdie într-o eprubetă de 20 ml, în care se introduce mediul nutritiv care se solidifică în plan înclinat și se însămânțează drojdia cu vârful de platină al ansei preluată din tulpina selecționată. Din această eprubetă se însămânțează în vase Erlenmayer cu creșterea succesivă a volumului de must de malț, în trei faze, la intervale de 24 de ore.

La sfârșitul multiplicării se obține cultura pură de drojdie de laborator care servește pentru însămânțarea în primul vas de multiplicare a drojdiei în secția de culturi pure.

8.2.4. Multiplicarea drojdiei în fabrică

Multiplicarea în fabrică are loc în cinci faze, primele două faze în vase de multiplicare în stația de culturi pure, iar următoarele trei faze în linuri de multiplicare. Principalii parametri tehnologici în procesul de multiplicare a drojdiilor de panificație. Stația de culturi pure a fabricii asigură multiplicarea în două trepte, în vase metalice, cu creșterea succesivă a volumului de 5 ± 10 ori. Ca mediu nutritiv se folosește o soluție apoasă de melasă cu adaos de substanțe nutritive, denumită plămadă. Pentru realizarea unei culturi viguroase, se urmărește multiplicarea celulelor de drojdie, concomitent cu o fermentație alcoolică, într-un mediu cu o aciditate ridicată.

Pentru faza I de multiplicare a drojdiei se utilizează vase de multiplicare, confecționate din cupru, prevăzute cu racord de apă, abur, aer, gură de vizitare cu capac, robinet de prelevare probe, conductă de eliminare CO_2 , cu o capacitate de 300 ± 500 l/buc.

Vasul de multiplicare este mai întâi curățat, spălat și sterilizat cu abur și formalină, după care se prepară mediul nutritiv, conform rețetei de fabricație, corecția de pH realizându-se cu H_2SO_4 concentrat, până la un pH de $4,0\pm 5,0$. Plămada obținută se sterilizează cu abur direct timp de o oră, după care se răcește cu ajutorul sistemului exterior de răcire la $28\pm 32^{\circ}\text{C}$, apoi se însămânțează plămada cu cultură pură de laborator.

Multiplicarea are loc prin fermentare aerobă cu formare de alcool, vasul fiind închis cu capac. În timpul perioadei de fermentare din două în două ore se execută controlul temperaturii, gradului Balling, acidității și examenul microscopic al plămezii.

Conținutul vasului este trecut integral prin conducta de legătură, sterilizată cu abur în prealabil, în vasul din faza a II-a culturi pure fabrică cu o capacitate de 1000 ± 2500 l.

Plămada pregătită conform rețetei de fabricație se sterilizează cu abur direct timp de o oră. Se răcește plămada la $28\pm 32^{\circ}\text{C}$ și se însămânțează cu drojdie din faza I de multiplicare. Cultura pură de fabrică obținută este folosită integral pentru însămânțarea în cea de-a treia fază de multiplicare a drojdiei.

Vasele sunt prevăzute cu țevi exterioare perforate 3, prin care se poate introduce apă rece sau caldă pentru temperarea plămezii și cu țevi perforate în interior 4 prin care se poate introduce abur pentru sterilizarea mediului cât și aer comprimat în timpul multiplicării drojdiei.

Vasele mai sunt prevăzute cu racorduri pentru introducerea mediului nutritiv 5, racordul de însămânțare cu cultură pură de laborator 6, guri de vizitare 7, supape de suprapresiune 8 și de vacuum 9, manometre 10, termometre 11, robinete de prelevare probe 12 și conducte de evacuare a dioxidului de carbon 13 care pătrund în vasele de apă 14. Apa de răcire ce se prelinge pe pereții exteriori este colectată și evacuată din jgheabul 15. Cultura de drojdie obținută în primul vas este trecută prin conducta 16 în cel de-al doilea vas, iar cultura pură rezultată din acest vas trece prin conducta 17 în secția de producție (Hopulele, T., 1980).

Drojdia obținută în stația de culturi pure este multiplicată în continuare în fabrică în 2 ± 4 faze, în funcție de tehnologia și utilajele folosite. Se practică procese cu plămezi de melasă diluată ($1/18\pm 1/25$) sau concentrată ($1/5\pm 1/10$) și tehnici de multiplicare discontinuă sau continuă. Randamentele obținute diferă în funcție de caracteristicile materiilor prime, a culturii de drojdie și a tehnologiei aplicate. În unele cazuri se urmărește producerea concomitentă de drojdie comprimată și de alcool etilic. Spre deosebire de primele două faze în care mediul nutritiv este introdus la începutul multiplicării integrale în vasul de multiplicare, la multiplicarea drojdiei în fazele III-IV, alimentarea cu melasă și substanțe nutritive se realizează în mod continuu, după diagrame de alimentare prestabilite, care trebuie respectate cu strictețe.

În faza a III-a de multiplicare, capacitatea linurilor este de circa 10 ori mai mare decât a vaselor folosite în faza a II-a (7 ± 25 m³). Capacitatea utilă reprezintă numai 75% din cea totală, restul de 25% fiind afectat pentru sistemul de aerare cât și pentru spuma formată.

Înainte de utilizare linurile se curăță, se spală cu soluție de sodă caustică $2\pm 4\%$ și în final se face o sterilizare combinată cu abur și soluție de formalină $5\pm 10\%$ timp de circa o oră. Se introduce apoi apă în lin până la 50% din capacitatea utilă a acestuia, se adaugă $1/3$ din melasa pregătită și o parte din substanțele nutritive. Se omogenizează prin barbotare de aer și se însămânțează cu drojdie rezultată din faza a II-a de multiplicare.

În timpul multiplicării, spuma se combate cu substanțe antispumante care se introduc direct în plămadă. Se respectă diagrama orară de alimentare cu melasă și substanțe nutritive a linului de multiplicare.

Indiferent de tehnologia aplicată, în instalații de mare capacitate, plămada de drojdie rezultată în treapta a III-a de multiplicare este supusă concentrării cu separatoare centrifugale înainte de însămânțare pentru

următoarea etapă de multiplicare. Totodată, se corectează pH-ul și se păstrează laptele de drojdie obținut în recipiente răcite la temperatura de $4\pm 6^{\circ}\text{C}$.

Multiplicarea drojdiei în faza a IV-a are loc în linuri asemănătoare din punct de vedere constructiv cu faza a III-a, având însă capacitatea de 5 ± 6 ori mai mare ($40\pm 100\text{ m}^3$). În această fază se obține drojdia cuib sau drojdia maia folosită pentru însămânțarea mediului nutritiv din ultima fază de multiplicare (faza a V-a).

Condițiile de multiplicare a drojdiei în această fază sunt mai favorabile decât în fazele precedente:

- concentrația și aciditatea mediului sunt mai reduse;
- aerarea mediului este mai intensă;
- procentul de alcool din plămadă este foarte redus.

Pentru stabilirea cantității necesare de melasă pentru această fază este necesar să se țină seama de raportul de diluție, care reprezintă raportul dintre cantitatea de melasă nediluată (tone) și volumul final al plămezii exprimat în m^3 . În faza a IV-a de multiplicare raportul de diluție trebuie să fie de circa 1/18. De exemplu, pentru o capacitate utilă a linului de 75 m^3 necesarul de melasă va fi $75:18 = 4,166$ tone.

După ce linul a fost spălat și sterilizat se introduce apă în proporție de circa 30% din volumul util, peste care se adaugă 15% din cantitatea de melasă pregătită și 33% din cantitatea de substanțe nutritive pregătite sub formă de soluție, se omogenizează prin barbotare de aer și se face însămânțarea prin conducta de legătură cu plămada de drojdie din faza a III-a. Restul de melasă și substanțe nutritive din rețeta de fabricație se adaugă în timpul multiplicării drojdiei. Astfel, în prima oră de multiplicare nu se adaugă melasă și substanțe nutritive, drojdia aflându-se în faza latentă a ciclului vital. Din acest motiv și debitul de aer este mai redus de $50\text{ m}^3/\text{m}^3$ plămadă și oră.

Începând din ora a doua, când drojdia intră în faza logaritmică de multiplicare, începe adăugarea de melasă și substanțe nutritive în cantități din ce în ce mai mari, după o diagramă prestabilită. În această perioadă de multiplicare intensă a drojdiei se folosește un debit maxim de aer de $100\text{ m}^3/\text{m}^3$ plămadă și oră. În ultima oră nu se mai efectuează alimentarea cu melasă și substanțe nutritive, debitul de aer scade la valoarea inițială, drojdia fiind lăsată să se maturizeze.

Plămada de drojdie rezultată din faza a IV-a nu se însămânțează ca atare în faza a V-a, ci sub formă de lapte de drojdie obținut prin separare centrifugală și păstrat până la folosire, la temperatura de $0\pm 4^{\circ}\text{C}$ în colectoare de depozitare. Laptele de drojdie obținut mai este denumit impropriu și maia, deoarece el servește la însămânțarea plămezilor din faza a V-a de multiplicare.

În această ultimă fază de multiplicare a drojdiei se obține așa numita drojdie de vânzare. Multiplicarea are loc în linuri identice ca în faza a IV-a, folosindu-se circa 80% din capacitatea totală de fermentare pentru drojdia de vânzare, restul de 20% utilizându-se pentru obținerea drojdiei maia. Astfel la intervale de 2 ± 3 zile unul sau două linuri sunt folosite pentru producerea drojdiei maia.

În ultima fază de multiplicare se asigură cele mai bune condiții de mediu pentru dezvoltarea drojdiei, concentrația și aciditatea plămezii fiind mai reduse decât în faza a IV-a de multiplicare. Se urmărește obținerea unei purități microbiologice crescute a plămezii și a unor randamente maxime.

În faza a V-a de multiplicare raportul de diluție este de 1/25. Se introduce la început întreaga cantitate de apă în linul de multiplicare, adăugând apoi 8% din melasa necesară și 14% din cantitatea de substanțe nutritive, apoi se respectă diagramele orare de alimentare stabilite.

Din colectorul de depozitare maia se însămânțează linul de multiplicare din faza a V-a cu o porție de maia egală cu $\frac{1}{4}$ sau $\frac{1}{5}$ din volumul total rezultat de maia și se omogenizează plămada prin barbotare cu aer. Astfel, cu o maia se pot însămânța concomitent 4 sau 5 linuri de faza a V-a. În timpul multiplicării se controlează orar concentrația, aciditatea și temperatura, efectuându-se corecțiile necesare, iar la două ore se efectuează și un control microscopic al drojdiei.

8.2.5. Linurile de multiplicare a drojdiei

Linurile de multiplicare a drojdiei în diferite faze, denumite și fermentatoare, constituie utilajele principale folosite la fabricarea drojdiei de panificație. Ele pot fi confecționate din tablă de oțel antiacid, oțel inoxidabil sau chiar din oțel obișnuit protejat în interior cu un lac acidorezistent.

Linurile pot avea formă cilindrică sau paralelipipedică. Forma cilindrică permite o distribuție mai uniformă a aerului în plămadă și o curățire mai ușoară, fiind astfel cea mai des întâlnită. Linurile de formă paralelipipedică permit o utilizare mai bună a spațiului de la fermentare. Schematic un lin clasic de multiplicare a drojdiei prevăzut cu un sistem static de aerare se prezintă în figura 22.

Sistemul de aerare este format dintr-o conductă centrală verticală pentru intrarea aerului care este în legătură cu o conductă orizontală amplasată la fundul linului, în care sunt înfiletate o serie de țevi perforate, dispuse pe toată suprafața fundului linului astfel încât să permită o distribuție cât mai fină și mai uniformă a aerului în mediu, de care depinde în cea mai mare măsură gradul de utilizare a oxigenului și deci consumul specific de aer. Orificiile de distribuție a aerului au un diametru de $0,4\pm 0,5$ mm, distanța dintre ele este de circa 4 mm și sunt amplasate pe partea laterală a țevilor perforate. Acestea sunt prevăzute la capete cu capace înfiletate, care se pot scoate pentru curățire și spălare.

O importanță deosebită are sistemul constructiv al instalației de aerare, solubilizarea oxigenului în masă variind de peste 10 ori la diversele instalații, funcție de particularitățile constructive (Anghel, I. et al., 1991). Progrese importante în tehnica aerării au fost realizate după elaborarea de instalații rotative. Dintre instalațiile

care s-au impus în practică, se pot enumera: inferatorul, aeratorul Vogelbusch, sistemul de aerare cu jet adânc (VB-IZ), sistemul de aerare Frings.

Prin folosirea sistemelor dinamice de aerare s-au putut utiliza la multiplicarea drojdiilor plămăzi mult mai concentrate decât în cazul procedurii clasice, obținându-se în final randamente superioare de biomasă de drojdie de 4÷5 ori mai mare.

Linurile moderne de fermentare sunt prevăzute cu instalații complexe de automatizare, care permit reglarea automată a alimentării cu melasă și substanțe nutritive, a debitului de aer, apei tehnologice, antispuant, măsurarea și reglarea automată a pH-ului plămăzii și a temperaturii în lin, prin variația debitului de apă de răcire.

Întrucât multiplicarea drojdiei este un proces exoterm, eliberându-se 2500÷3500 kcal/kg s.u. de drojdie, este necesară o răcire corespunzătoare a plămăzii care se poate realiza cu ajutorul serpentinelor de răcire, a unor baterii de țevi demontabile verticale așezate în interiorul linului sau prin stropire exterioară. Atât sistemul de distribuire a aerului cât și cel de răcire sunt construite din țevă de cupru.

Datorită aerării intense și a substanțelor coloidale din melasă, în timpul multiplicării drojdiei se formează cantități mari de spumă, pentru combaterea căreia se utilizează două grupe de procedee:

- procedee mecanice, care se bazează pe folosirea unor spărgătoare de spumă;
- procedee chimice, care utilizează pentru distrugerea spumei substanțe cu acțiune antispuantă.

În fabricile de drojdie spuma se combate de obicei prin folosire de substanțe antispuante.

8.2.6. Factorii care influențează calitatea drojdiei în fazele de multiplicare

8.2.6.1. Efectul presiunii osmotice

Drojdiile se dezvoltă în condiții bune, când mediul în care se află are o presiune osmotică cât mai apropiată de aceea din interiorul celulei (izotonie). Schimbările bruște și importante ale presiunii osmotice a mediului pot provoca dereglarea funcțiilor compensatoare de adaptare ale membranei citoplasmatică și chiar lezări ale peretelui celular, ce pot duce la moartea fiziologică a celulei. În medii cu presiune osmotică ridicată, bogate în glucide sau săruri (medii hipertone), celulele sunt silite să realizeze în interiorul lor o contrapresiune osmotică echivalentă, lăsând să treacă în mediu o proporție corespunzătoare de apă.

Când celulele se găsesc în medii cu presiune osmotică inferioară celei a conținutului vacuolelor, în apă de exemplu, din aceeași necesitate a realizării unei contrapresiuni osmotice echivalente, acceptă pătrunderea de apă din mediul extern. Drept urmare, turgescența celulelor crește până când presiunea intracelulară depășește rezistența peretelui, care plesnește. Fenomenul de turgescență duce astfel la distrugerea celulelor. Prin deshidratarea drojdiilor, în celule se mărește concentrația în substanțe și crește presiunea osmotică, ce exercită influență asupra proceselor fermentative. La mărirea concentrației în substanțe începe frânarea proceselor biochimice ale celulei și la un anumit nivel începe șocul osmotic (Dan, V., 1999).

8.2.6.2. pH-ul mediului

Drojdiile se dezvoltă în limite largi de pH, pentru că au capacitatea să se adapteze la unele modificări ale mediului de cultivare. Astfel, dacă pH-ul mediului este mai acid decât valoarea optimă pentru creștere, în celulă devin active enzimele decarboxilaze, când pH-ul este mai bazic, decât valoarea optimă, devin active dezaminazele. În aceste condiții, produsele rezultante din aminoacizi sub acțiunea catalitică a acestor sisteme enzimatică tind să realizeze neutralizarea și reprezintă sisteme tampon al efectului nociv al pH-ului. După epuizarea stocului de aminoacizi, acțiunea pH-ului duce la moartea celulelor, ca rezultat al unui dezechilibru, prin modificarea schimburilor osmotice între celulă și mediu.

Efectul pH-ului mediului nutritiv asupra multiplicării drojdiilor este cunoscut de mult timp și valorificat în practică. Acțiunea sa asupra celulelor de *Saccharomyces cerevisiae* a fost studiată de mulți cercetători. La un pH = 7,5 intensitatea de respirație și randamentul de creștere este cu 60÷100 % mai mare decât la pH = 4 în diverse medii nutritive cu glucoză la 30°C. Cu scăderea pH-ului în mediul nutritiv se stimulează pătrunderea protonilor în celule. La un pH = 3,5 și cantități suficiente de săruri de potasiu în mediu nutritiv, crește pH-ul intracelular, ajungând la valorile de 7,5. Variația pH-ului intracelular are o importanță deosebită la reglarea glicolizei și a respirației celulelor de drojdie (Anghel, I. et al., 1991).

Valoarea optimă a pH-ului la cultivarea drojdiei *Saccharomyces cerevisiae* oscilează între 4,5÷5,8, deși drojdiile sunt mult mai active într-un mediu care are o valoare a pH-ului de 7÷7,5. Celulele de drojdie în acest domeniu se găsesc în stare fiziologică bună și se înmulțesc rapid. De nivelul de pH în timpul cultivării drojdiilor, depinde randamentul și calitatea produselor finite. În practică, dezvoltarea drojdiilor se realizează în mediu acid, concentrația mai mare în hidrogen fiind un mijloc de combatere a microorganismelor de contaminare.

Domeniul de pH în care drojdia se poate multiplica este influențat de compoziția mediului și de conținutul în alcool al acestuia. Într-un mediu de fermentare cu 4,5 % alcool, drojdiile pot să acționeze până la pH = 1,8. La un conținut de 5,5÷6 % alcool, valoarea minimă a pH-ului suportat de drojdie este de 2,3, iar la un conținut de 8,5÷12,5 % alcool, limita inferioară a pH-ului la care drojdia poate acționa este de 3,5, ritmul de creștere la acest pH fiind încetinit. În afară de aceasta, în intervalul de pH 3÷3,5 se află punctul izoelectric al unor substanțe colorante din melasă, care sunt absorbite de către celulele de drojdie (Anghel, I. et al., 1991).

Schimbarea regimului de pH exercită acțiune asupra activității enzimelor, asupra pătrunderii substanțelor nutritive în celula de drojdie și se intensifică respirația. Brusc se frânează schimbul de aminoacizi în celula de drojdie, scade cantitatea de biomasă rezultată, se înrăutățește calitatea drojdiei. Valorile extreme de pH (medii puternic acide sau puternic alcaline) provoacă denaturarea ireversibilă a enzimelor.

Sunt date care arată că mărirea pH-ului provoacă creșterea activității enzimelor, care participă la formarea poliglucidelor, solubile în acizi. Sinteza maximă a trehalozei s-a observat la cultivarea drojdiei *Saccharomyces cerevisiae* în mediul cu pH 4,5÷5,0.

La fabricarea drojdiei de panificație se scade pH-ul la valori de circa 4, în primele faze de multiplicare (faza I și a II-a), urmărindu-se o acumulare de biomasă celulară activă. În continuare, pe măsura progresării numărului de faze de multiplicare, pH-ul crește până la valoarea de 5,5.

Conținutul în azot al componentelor nutritive contribuie la normalizarea pH-ului mediului. Din sulfatul de amoniu, drojdia asimilează NH_3 și eliberează în mediu acid sulfuric. Adăosul de apă amoniacală neutralizează acidul sulfuric, compensează pH-ul, și, în același timp, furnizează drojdiei necesarul de azot.

Corectarea pH-ului în industria drojdiei de panificație cu ajutorul acidului lactic este mai favorabilă celulelor de drojdie. Mai puțin favorabil acționează acidul fosforic și acidul clorhidric, iar acidul sulfuric este pe ultimul loc. La acidifierea cu acid lactic s-a obținut o drojdie cu putere de creștere de 10 minute, biomasă 32 g·dm⁻³ și o activitate maltazăică de 304 U.A.

8.2.6.3. RH-ul mediului

Drojdiile prezintă diferite grade de sensibilitate la potențialul de oxidoreducere. Dintre substanțele care ajută la menținerea unui potențial de oxidoreducere redus, sunt acidul ascorbic, glucidele reducătoare și substanțe ce conțin grupele - SH. Fiecare sistem biologic are în compoziția sa, atât substanțe oxidante cât și reducătoare, încât valoarea potențialului de oxidoreducere, este în funcție de raportul între ele și mai depinde de tensiunea de oxigen și de valoarea pH. La modificări ale rH-ului se pot produce modificări în metabolismul celular, sau în cazul unor valori limită, este oprită creșterea.

8.2.6.4. Temperatura

Temperatura este, din punct de vedere al procesului de biosinteză desfășurat la scară industrială, unul dintre parametri fizici cei mai importanți, implicat profund, prin efectele sale, în optimizarea procesului. Variațiile temperaturii au efect asupra randamentului de transformare a substratului în produsul dorit, asupra cerințelor nutritive ale drojdiei, compoziției biomasei obținute și vitezei de creștere (Anghel, I. et al., 1991).

În cursul evoluției, celulele de drojdie au suferit numeroase adaptări, încât în lumea microbiană, drojdiile se multiplică la temperaturi variate în limite foarte largi.

Drojdia *Saccharomyces cerevisiae* aparține grupului mezofil, temperatura optimă oscilează între 26°C și 36°C. Datele din literatura de specialitate arată că, drojdia de panificație cu puterea de creștere cea mai bună se obține la temperatura de 30°C.

Deplasarea cu câteva grade în jurul temperaturii optime de creștere influențează nu numai randamentul în biomasă obținută și viteza de creștere, dar și compoziția biochimică a celulei de drojdie. Datele din literatură publicate arată că variațiile de temperatură afectează multe procese metabolice din celulă, precum și compoziția biomasei în proteine și lipide, conținutul în ARN al celulei (Hunter și Rose, 1972). Raportul dintre conținutul în ARN al drojdiilor și viteza lor de creștere se mărește la scăderea temperaturii.

Temperatura procesului de cultivare condiționează conținutul în lipide din compoziția membranelor celulare. Astfel, membrana drojdiilor psihrofile conține în cantități mai mari acizi grași polinesaturați, cele termofile, acizi grași mononesaturați, iar cele mezofile acizi mono- și polinesaturați.

Celulele de drojdie pot suporta temperaturi foarte scăzute, până aproape de zero absolut. Ele supraviețuiesc mai ușor la rece într-un mediu uscat, decât într-unul umed. S-a observat că prin scăderea temperaturii sub limita inferioară de 0°C se constată o reducere a vitezei de metabolism. Astfel, prin scăderea cu 10°C sub temperatura minimă are loc o scădere cu 50% a vitezei de metabolizare a substanțelor nutritive. Această scădere de activitate se explică prin faptul că, prin reducerea temperaturii are loc o pliere a lanțurilor proteice și mascarea centrilor activi ai enzimelor încât acestea nu mai fac legătura cu substratul și nu mai îndeplinesc funcția de biocatalizatori. La temperaturi scăzute, se produc pierderi de apă intracelulară, drojdiile trec în stare latentă de viață, când metabolismul se desfășoară foarte lent și pot rămâne viabile timp îndelungat. Prin congelare, drojdiile se pot păstra timp nelimitat, deoarece cantitatea de apă liberă în exteriorul și interiorul celulei se reduce, trecând în stare solidă și numai o parte rămânând disponibilă pentru a fi folosită de celule, încât activitatea celulei este oprită. Campbell a descoperit că o congelare a drojdiei *Saccharomyces cerevisiae* suspendată în apă la -30°C sau -50°C a distrus 48÷94 % din celule. Dezghețările și înghețările repetate au provocat moartea celulelor de drojdie. Aceste rezultate au fost confirmate de Baum cu o cultură pură de *Saccharomyces cerevisiae*. Efectele multiple ale înghețării asupra celulelor de drojdie au fost descrise de Mazur(1966).

Scăderea temperaturii de cultivare de la 30°C la 15°C contribuie la mărirea conținutului de lipide, la 30°C el este de 12 %, iar la 15°C este de 14,5 %. La *Saccharomyces cerevisiae*, prin scăderea temperaturii de creștere mai jos de optim, se mărește cantitatea de proteine și acizi ribonucleici, iar cantitatea totală de glucide ale celulei scade, în principal, prin scăderea conținutului de trehaloză (Cerniș, V.G., 1975).

S-a constatat că drojdia obținută la temperaturi scăzute (29÷30°C) este mai bogată în azot și fosfor și mai rezistentă la păstrare. La temperaturi ridicate se înrăutățește brusc calitatea producției, ca o consecință a faptului că poate avea loc, ocazional, multiplicarea drojdiilor atipice și a microbiotei bacteriene. Microorganismele contaminante consumă substratul, destinat pentru drojdie, ceea ce conduce la scăderea randamentului.

Obținerea drojdiei de panificație la temperaturi mai ridicate de 30°C se face cu acumulare în celula de drojdie a trehalozei. Acumularea maximă de trehaloză în celule s-a obținut prin cultivarea drojdiei la temperaturi de 40°C. Creșterea în continuare a temperaturii nu numai că a oprit considerabil multiplicarea drojdiei, dar a provocat și scăderea cantității de trehaloză în celule. Mărirea cantității de trehaloză în celule la temperaturi ridicate de creștere este însoțită de scăderea glicogenului.

Viteza de acumulare a alcoolului, de asemenea, crește cu mărirea temperaturii, atinge un maxim la 40°C, după aceea scade brusc la creșterea mai departe a temperaturii.

Creșterea temperaturii de cultivare duce la reducerea randamentului în drojdie ca rezultat al scăderii în umiditate și ca o consecință, mărirea consumului de substanțe nutritive la fermentare. Prin ridicarea temperaturii de creștere se înrăutățește aprovizionarea celulei cu acizi, se mărește excreția aminoacizilor liberi în lichidul cultural și de asemenea crește necesitatea drojdiilor în vitamine. Acest fapt poate provoca modificarea coeficientului economic.

În domeniul de temperatură supraoptimală, creșterea este concurată de moartea microorganismelor. Moartea celulelor de drojdie la temperaturi supramaximale se datorează denaturării termice a proteinelor și enzimelor celulare, încât activitatea de metabolism este oprită și se produce moartea fiziologică a celulei fără să aibă loc distrugerea fizică.

Liza drojdiilor este o funcție puternic dependentă de temperatură, fiind caracterizată prin valori ale energiei de activare de 70-90 kcal/mol.

8.2.6.5. Umiditatea

Apa este importantă pentru celula de drojdie nu numai pentru că este principalul constituent din punct de vedere cantitativ, ea reprezentând circa 80% din greutatea celulei vii, ci și pentru că îndeplinește următoarele funcții (Pirt, 1975):

- ca reactant chimic prezent în celulă, apa participă la reacțiile de hidroliză;
- acționează ca solvent pentru metaboliții intracelulari;
- rol mecanic important în menținerea formei și dimensiunilor celulei impuse de presiunea hidrostatică care ia naștere în interiorul celulei;
- îndeplinește o funcție structurală în hidratarea proteinelor și a altor componente celulare.

De exemplu, de gradul de hidratare a mitocondriilor depinde intensitatea proceselor de fosforilare oxidativă care au loc în aceste organite. Apa participă direct la formarea citoplasmei celulare, de a cărei stare depinde funcția sa fiziologică. Formează legături de H și participă la structura unor compuși macromoleculari (Anghel, I. et al., 1993).

Unele reacții chimice, biochimice, enzimatică și în special microbiologice sunt strâns corelate cu umiditatea substratului. În condițiile în care umiditatea scade, se reduce viteza de metabolism, enzimele trec în stare inactivă și celulele de drojdie se mențin viabile în stare de anabioză.

Drojdiile pot folosi numai apa liberă, nelegată de componenții chimici ai mediului și nu pot folosi apa legată chimic sau fizic. Drojdiile necesită, pentru o dezvoltare normală, o cantitate de apă liberă care să asigure un transfer corespunzător al substanțelor nutritive în celulă. Marea majoritate a drojdiilor nu pot să se dezvolte în medii cu indice de activitate al apei (a_w) inferior valorii 0,90, dar există și drojdiile osmotolerante care rezistă la presiuni osmotice mai ridicate corespunzătoare unui $a_w = 0,60$ (Dan, V., 1999).

8.2.6.6. Concentrația în oxigen și influența asupra bioenergeticii levuriene

Drojdiile de panificație sunt facultativ anaerobe, ele sunt capabile de activitate vitală în condiții anaerobe și aerobe.

Viteza de respirație se măsoară în cantitatea de oxigen absorbită de substanța uscată a drojdiei, și notată Q_{O_2} , iar viteza de fermentare reprezintă cantitatea de dioxid de carbon degajată la 1 g substanță uscată drojdie într-o oră. În condiții aerobe, această valoare s-a notat $Q_{CO_2}^V$, iar în anaerobioză (în atmosferă de azot) - $Q_{CO_2}^N$. În condiții aerobe se produce efectul Pasteur care s-a notat PE, realizându-se blocarea fermentării în favoarea respirației. Gradul de blocare depinde, într-o măsură considerabilă, de caracteristicile culturii și se exprimă prin egalitatea:

$$PE = \frac{Q_{CO_2}^N - Q_{CO_2}^V}{Q_{CO_2}^N} \times 100$$

Drojdiile, în funcție de condițiile de cultivare, aerobe sau anaerobe, pot suferi modificări morfologice ale celulei. În condiții de anaerobioză celulele nu sunt capabile să sintetizeze tipul de citocromi -a₁, a₃, b, c₁, se dezechilibrează transportul electronilor în lanțul respirator și scade activitatea enzimelor respiratorii. În condiții de creștere în anaerobioză, în celule nu se produce sinteza acizilor grași nesaturați și a ergosterolului (Novakovskaia, S.S., Siskatki, I.I., 1980).

Pentru funcționarea normală a lanțului respirator și desfășurarea activității enzimelor respiratorii mitocondriale e necesară prezența în mitocondrii a unei cantități definite de lipide, care să conțină acizi grași nesaturați.

Alternanța condițiilor anaerobe de cultivare cu cele aerobe la *Saccharomyces cerevisiae* duce la formarea tuturor componentelor celulare, activarea enzimelor respiratorii și biosinteza mitocondriilor.

În ultimii ani s-au obținut date despre faptul că, pe lângă oxigen, asupra creșterii drojdiilor influențează și ceilalți componenți ai amestecului gazos. La înlocuirea treptată a azotului din aer cu CO₂ (concentrația în oxigen rămânând constantă), se reduce cantitativ biomasa rezultată și conținutul în azot al biomasei se mărește. Dacă în experiența de control (pentru aerare s-a întrebuițat aer), biomasa de drojdie rezultată a fost de 0,502 g/1g zahăr consumat și conținutul în azot total în biomasa a fost de 8,8 % la s.u., atunci prin înlocuirea a 20 % azot din aer cu CO₂, datele corespondente obținute au fost 0,472 g/1g zahăr consumat și 9,55 % azot total (Tuliakov, V.S. et al., 1980).

8.2.6.7. Aerarea și agitarea mediului

În procesul de biosinteză, aerarea urmărește asigurarea continuă a celulei cu oxigen, eliminarea dioxidului de carbon format care are efect inhibitor asupra procesului de multiplicare, transportul rapid la celule a substanțelor nutritive adăugate și menținerea celulelor în stare de suspensie (Stoicescu, A., 1985).

Asigurarea necesității drojdiilor cu oxigenul din aer reprezintă o etapă de consum energetic mare în cadrul procesului tehnologic care se reflectă în final asupra avantajelor economice în producția de drojdie. S-a stabilit că, o cauză importantă a scăderii de randament este insuficiența aerare a mediului de cultură (Dmitriev, D., 1983). La fabricarea drojdiei, consumul de aer este prevăzut ca o normă de producție de consum, la volumul mediului cultural și este de 50÷100 m³/1m³ plămadă.

Problema principală este asigurarea continuă a celulei de drojdie cu oxigen dizolvat în lichid. S-a luat în considerare, că la 1 kg de melasă cu un conținut în zahăr de 50 % sunt necesari aproximativ 19 m³ aer. Randamentul maxim în drojdie s-a obținut, când pentru fiecare gram de zahăr folosit a corespuns 1,6 g (și mai mult) oxigen. La reducerea cantității de oxigen drojdia obținută scade proporțional.

Alimentarea cu aer în vasul de cultivare trebuie să se realizeze în concordanță cu alimentarea cu zahăr și se urmărește viteza de multiplicare a drojdiei. Perturbarea regimului de aerare brusc, schimbă mersul procesului de dezvoltare al drojdiei, în direcția metabolismului anaerob, cu formare de alcool și alți produși secundari. Producerea de biomasa scade brusc. În prezența oxigenului în exces ritmul multiplicării celulelor începe să scadă, iar randamentul se reduce prin mărirea consumului de zahăr și formare de CO₂.

Rolul oxigenului este diferențiat în funcție de procedeele de multiplicare a drojdiilor. Dacă prin metoda statică, la cultivarea drojdiilor fără aerare artificială sau cu o slabă aerare, drojdia obținută a constituit 10÷12 % din greutatea materiilor prime consumate și durata multiplicării drojdiilor a fost de aproximativ 20 h sau chiar mai mult, atunci prin metoda cu aerare-agitare, în mediu diluat, drojdia obținută a ajuns la 165 % calculată la greutatea zahărului sau până la 100 % din greutatea melasei și ciclul complet de multiplicare a drojdiei a durat 8÷11 h. Consumul de aer a fost de 100 m³/h la 1 m³ plămadă, iar cantitatea de oxigen utilizată de 6÷9 % din cantitatea totală. Consumul de oxigen la 1 g drojdie pentru celulele tinere a fost de 80÷100 mg/h, pentru cele mai în vârstă 40÷60 mg/h. Necesitatea mărită a celulelor tinere în oxigen este determinată de formarea substanțelor fără azot din celulele de drojdie.

S-a stabilit că pentru fiecare concentrație de plămadă există un optim al aerului adăugat. Surplusul de oxigen din mediu nu mărește cantitatea de biomasa obținută, însă intensifică procesele de oxidare, mărește potențialul de oxidoreducere.

La adăugarea în mediul sintetic de reducători (0,02% acid tioglicolic sau 0,1% Na₂S₂O₃) se mărește viteza de multiplicare. În consecință, pentru o aerare oarecare, este necesară atât prezența oxigenului cât și prezența substanțelor reducătoare, care scad potențialul oxidoreducător al mediului. Este evident că, acest lucru este în legătură cu activitatea enzimelor. Se știe că, de exemplu, reducătorii (Na₂S și alții) măresc activitatea coenzimei A. Celulele de drojdie, crescute în condiții aerobe, spre deosebire de cele crescute anaerob, nu numai că sunt mai puțin bogate în glicogen, metacromatine și compuși azotați, dar au, de asemenea, masă mai redusă. Dacă 1 miliard de celule crescute în condiții anaerobe, cântăresc 70÷90 mg, în condiții de aerobioză cântăresc 20 sau 25 mg, cel mult 50 mg. În consecință, celulele menținute în condiții de fermentare au masa de 2÷3 ori mai mare decât celulele în condiții de respirație.

Cantitatea insuficientă de aer pentru înmulțire, conduce la mărirea numărului de celule mici în partea a doua a procesului de cultivare.

La cultivare pe agitator rotativ creșterea vitezei de aerare poate fi mărită prin agitare. Maxon și Johnson au determinat eficiența aerării, exprimată în milimoli de oxigen, raportat la litru și oră, în funcție de debitul de aer și de agitarea mediului, la variații ale turației agitatorului între 550 și 1660 rot/min.

Unele cercetări recente recomandă recircularea aerului la fabricarea drojdiei de panificație, deoarece crește randamentul printr-o mai bună folosire a substanțelor nutritive ale mediului și dă o intensificare a proceselor de multiplicare a celulelor de drojdie. În afară de aceasta, recircularea aerului îmbunătățește un indice foarte important pentru activitatea drojdiei, activitatea maltazică. Eficiența recirculării aerului s-a exprimat prin creșterea procentului de celule înmugurite, numărate la un interval de două ore pentru fiecare generație (Dmitriev, A.D., 1982).

O importanță deosebită o reprezintă calitatea aerului, care poate fi o sursă de contaminare în fazele de multiplicare a drojdiilor. De aceea este necesară operația de filtrare/sterilizare a aerului înainte de utilizarea lui în procesul tehnologic.

8.3. SEPARAREA ȘI SPĂLAREA BIOMASEI DE DROJDIE

Se realizează cu ajutorul separatoarelor centrifugale, de regulă în două sau trei trepte de separare, obținându-se în final un lapte de drojdie concentrat, care este apoi răcit în schimbătoare de căldură cu plăci, până la temperatura de 2÷4°C și păstrat în colectoare de depozitare.

La sfârșitul ultimei faze de multiplicare se obține o plămadă fermentată, în care celulele de drojdie se află în suspensie, concentrația în drojdie a plămăzii variază în funcție de calitatea melasei și de procedeul tehnologic folosit.

În cadrul procesului tehnologic clasic de fabricare a drojdiei se ajunge la o concentrație de 42÷50 g drojdie cu 27% s.u. la litru de plămadă. Prin folosirea sistemelor dinamice de aerare concentrația plămăzii în drojdie atinge valori de 4÷5 ori mai mari.

Prin separarea și spălarea laptelui de drojdie se urmărește concentrarea drojdiei din plămadă într-un volum mai mic și îndepărtarea resturilor de plămadă în scopul îmbunătățirii aspectului comercial și a conservabilității produsului.

Separarea drojdiei se efectuează cu ajutorul separatoarelor centrifugale cu talere tip Alfa Laval sau Westfalia cu turații de 4000÷5000 rot./minut și capacități cuprinse între 10 și 100 m³ plămadă/oră.

În practică, operația se realizează în două sau trei trepte de separare și spălare, cea mai utilizată fiind separarea în trei trepte. În prima treaptă de separare, în funcție de concentrația inițială a plămăzii, laptele de drojdie se concentrează până la 150÷200 g/l. Înainte de trecerea la treapta următoare de concentrare este necesară o răcire și diluare cu apă, folosind în acest scop ejectoare. Cantitatea de apă necesară este de 4÷8 ori mai mare decât cea de lapte de drojdie.

În treapta a doua de separare se poate obține o concentrație de 300÷400 g/l. Acest proces se repetă în treapta a treia, obținându-se în final un lapte de drojdie cu o concentrație de 600÷800 g/l.

Laptele de drojdie concentrat este răcit în schimbătoare de căldură cu plăci până la temperatura de 2÷4°C și păstrat în colectoare de depozitare. Prin răcire procesele vitale din celula de drojdie sunt încetinite și este frânată dezvoltarea și activitatea microorganismelor de contaminare.

Pregătirea separatoarelor și a instalației pentru un ciclu de separare constă în: demontarea acestora, spălarea cu peria a fiecărui taler cu o soluție de fosfat trisodic sau sodă caustică, urmează clătirea cu apă curată pentru desfundarea duzelor. De asemenea, se spală și se clătesc cuvele pentru colectarea laptelui separat, precum și pompele și conductele aferente instalației.

Colectoarele pentru lapte de drojdie sunt confecționate din oțel inoxidabil, prevăzute cu manta dublă de răcire, agentul frigorific fiind apa răcită și cu agitatoare acționate electric în vederea omogenizării.

În timpul depozitării se controlează la intervale de timp de 4 ore temperatura laptelui de drojdie care trebuie să se mențină la 2÷4°C.

8.4. FILTRAREA LAPTELUI DE DROJDIE

Laptele de drojdie nu poate fi comercializat ca atare atât datorită faptului că este ușor expus la contaminarea cu microorganisme străine care îi micșorează conservabilitatea cât și datorită greutateii în manipulare. Din aceste motive laptele de drojdie este supus în continuare operației de filtrare și presare, prin care drojdia se concentrează în substanță uscată ocupând un volum de circa două ori mai redus. Această operație tehnologică se realizează în practică cu ajutorul filtrelor-presă (cu rame și plăci) și a filtrelor rotative sub vid.

Procesul de filtrare cu ajutorul filtrelor presă se desfășoară astfel:

- înainte de utilizare, filtrul-presă este spălat cu apă, montat și sterilizat cu abur timp de 15÷30 minute fără pânză;
- se strâng în pachet compact ramele acoperite cu pânză și plăcile fiecărei prese folosind compresorul de ulei;
- laptele de drojdie răcit, este introdus cu ajutorul unei pompe printr-un canal central în spațiul pe care îl formează ramele mărginite de pânze filtrante, drojdia rămâne în spațiul pe care îl formează rama, iar apa trece prin pânză și se scurge la canal;
- filtrarea durează 15÷30 minute, până când nu se mai observă evacuarea apei;
- la sfârșitul operației se desfac treptat ramele și plăcile, se detașează cu ajutorul unor cuțite drojdia comprimată, care se colectează într-un cărucior;
- la intervale de timp de circa o săptămână pânzele colmatate se spală mai întâi cu jet de apă și cu peria și apoi cu ajutorul unei mașini de spălat pânze și se trec în uscătorul de pânze.

Drojdia comprimată rezultată la sfârșitul presării are un conținut ridicat în substanță uscată de 30÷35%, însă folosirea filtrelor-presă prezintă dezavantajul unei productivități scăzute și a unui volum mare de muncă.

Fabricile moderne de drojdie utilizează filtre rotative sub vid, care folosesc drept strat filtrant amidonul. Cu acest filtru se îmbunătățește considerabil substanța uscată a produsului finit (de la 27% s.u. la obținerea drojdiei cu filtre-presă s-a ajuns la 33÷37% s.u.). Prin înglobarea de clorură de sodiu în laptele de drojdie și spălarea acestuia, s-a putut mări conținutul de substanță uscată al drojdiei la peste 30%, prin eliminarea apei extracelulare, cu mărirea concomitentă a plasticității.

8.5. MODELAREA ȘI AMBALAREA DROJDIEI PRESATE

Modelarea și ambalarea drojdiei presate se realizează în prezent cu mașini automate de construcție specială, utilizând hârtie parafinată sau sulfurizată cu film de celofan. Pentru a se obține consistența necesară modelării este necesar să se adauge o anumită cantitate de apă, ulei comestibil sau alți plastifianți. Pentru păstrarea culorii drojdiei se mai pot adăuga cantități mici de polialcool (de exemplu, glicerină, inozitol) sau

substanțe emulsionante (lecitină, stearați și oleanați ai glicerinei și glicolului), iar pentru protecția împotriva dezvoltării mucegaiurilor se pot adăuga cantități mici de alcool etilic, propilic, butilic sau amilic.

8.6. DEPOZITAREA ȘI LIVRAREA DROJDIEI DE PANIFICAȚIE

Atunci când livrarea drojdiei nu se realizează imediat, lăzile sau cutiile de carton cu drojdie trebuie depozitate într-o încăpere răcită la temperatura de $0\div 4^{\circ}\text{C}$ și umezeală relativă a aerului de $65\div 70\%$. Lăzile sau cutiile de carton sunt așezate pe stelaje sau paleți în formă de fagure, cu locuri pentru circulația aerului.

Transportul drojdiei la beneficiari se poate face cu mijloace de transport obișnuite pe distanțe mici, iar pe distanțe mai mari în vagoane sau mijloace auto izoterme. Livrarea se efectuează pe șarje, în ordinea fabricării, prin reluarea lăzilor sau cutiilor de carton de pe palet, pe bandă și evacuate la rampa pentru încărcarea mijloacelor de transport.

8.7. DROJDIA DE PANIFICAȚIE – PRODUS FINIT

Cunoașterea compoziției chimice a drojdiei de panificație este importantă pentru stabilirea cantităților de substanțe nutritive necesare pentru multiplicarea drojdiei în diferite faze cât și modul lor de adăugare, în vederea obținerii de randamente maxime în drojdie și pentru înțelegerea proceselor care au loc în timpul păstrării drojdiei în calup.

Se apreciază că, aproximativ 94% din substanța uscată a drojdiei este alcătuită din principalele elemente: carbon, hidrogen, oxigen și azot, care sunt reprezentate de glucide (glicogen, gume, hemiceluloze), proteine, acizi nucleici, baze organice, lipide, substanțe minerale, vitamine și enzime. Conținutul în carbon al unei drojdii cu 27% s.u. este de aproximativ 12,7% și servește ca bază pentru calculul necesarului de glucide pentru acumularea biomasei de drojdie.

Aproximativ 70% din azotul total al drojdiei este inclus în proteine, $8\div 10\%$ în baze purinice, 4% în pirimidine, restul fiind format din produse solubile ca aminoacizi și nucleotide. Plecând de la conținutul în azot al drojdiei se stabilește necesarul de substanțe cu azot pentru corectarea melasei care este deficitară în azot.

Drojdia conține și cantități importante de vitamine, în special din grupul B. Substanțele minerale se găsesc fie în combinații anorganice sau intră în compoziția unor substanțe organice, aflându-se deci ca electroliți în soluție sau sub formă de complexe coloidale.

Valoarea energetică : $350\div 430$ KJ/100 g.

Biomasa unui gram de drojdie comprimată conține aproximativ 10 miliarde de celule.

În cursul procesului de fabricare a drojdiei de panificație, concomitent cu multiplicarea celulelor aparținând culturii pure, în diferite faze ale fluxului tehnologic se pot dezvolta și alte microorganisme, care măresc gradul de contaminare a produsului finit și determină reducerea calităților tehnologice și conservabilitatea drojdiei comprimate.

Pentru a preveni multiplicarea microorganismelor contaminante, se impune un control microbiologic riguros pe faze de producție, prin studiul gradului de igienă și detectarea contaminanților ce pot proveni din sursele prezentate în figura 24.

Drojdia de panificație – produs finit trebuie să prezinte următoarele caracteristici biotehnologice:

- putere de fermentare – max. 70 minute;
- umiditate – max. 76%;
- durabilitate la 35°C – min. 5 zile;
- durabilitate la $0\div 4^{\circ}\text{C}$ – min. 10 zile.

9. FABRICAREA DROJDIEI USCATE DE PANIFICAȚIE

Datorită consumului neuniform de drojdie pe parcursul anului s-au căutat metode de conservare pe o durată mai îndelungată a drojdiei prin uscare sau congelare.

Deși s-au obținut unele rezultate în conservarea drojdiei prin congelare la temperaturi scăzute de circa – 15°C în tunele, care permite prelungirea duratei de păstrare până la $6\div 9$ săptămâni, acest procedeu este mai puțin folosit atât datorită faptului că drojdia trebuie imediat folosită după decongelare cât și a prețului de cost al drojdiei mai ridicat cu $10\div 20\%$.

Principala metodă de conservare a drojdiei o reprezintă uscarea până la o umiditate de $7,5\div 9\%$, în condiții speciale care să nu afecteze prea mult capacitatea de dospire a drojdiei. La o umiditate de peste 9% drojdia nu este conservabilă intrând în autoliză, iar la o umiditate sub 7% are loc o deshidratare ireversibilă a coloizilor și astfel își pierde mult din puterea de fermentare.

În comparație cu drojdia comprimată, folosirea drojdiei uscate prezintă următoarele avantaje:

- se poate conserva un timp mai îndelungat ($6\div 12$ luni) în comparație cu drojdia comprimată ($10\div 40$ zile);
- se poate păstra și transporta la temperaturi mai ridicate, chiar la temperatura mediului ambiant, necesitând un spațiu mult mai redus;
- prin uscarea surplusului de drojdie se poate asigura o producție constantă a fabricilor de drojdie și pot fi satisfăcute necesitățile în perioadele vârfurilor de consum de drojdie.

Uscarea drojdiei se efectuează în condiții speciale, urmărindu-se păstrarea însușirilor de panificație inițiale ale drojdiei. Pentru uscarea drojdiei se folosesc mai multe procedee de uscare: sub vid, cu aer cald, pe valțuri, prin liofilizare și fluidizare, care influențează mai mult sau mai puțin viabilitatea celulelor de drojdie. Procedeu cel mai răspândit de uscare este cel în curent de aer cald.

Procesul tehnologic de obținere a drojdiei uscate de panificație cuprinde patru etape principale:

- fabricarea drojdiei umede de panificație;

- granularea drojdiei umede;
- uscarea drojdiei;
- ambalarea și depozitarea drojdiei uscate de panificație.

Pentru obținerea drojdiei uscate active se recomandă utilizarea de tulpini de drojdie speciale pentru acest scop, care să acumuleze peste 12% trehaloză raportat la substanța uscată și un conținut în azot de peste 7% la substanța uscată. Se aleg tulpini de drojdie cu celule mai mici, cu un conținut mai redus de apă intracelulară și cu o capacitate de fermentare mai mare decât culturile folosite pentru producerea drojdiei comprimate, deși aceste tulpini conduc la randamente mai scăzute în drojdie.

Biomasa de drojdie obținută pentru a fi uscată trebuie să aibă o putere de fermentare de 55÷60 de minute și o conservabilitate de minimum 72 ore, la 35⁰C. Biomasa de drojdie destinată uscării trebuie spălată mai bine pentru a reduce conținutul în săruri reziduale rezultate dintr-un tratament cu acid al laptelui de drojdie sau prin tratarea cu NaCl a laptelui înainte de filtrare, pentru reducerea cantității de apă extracelulară.

Granularea biomasei umede se efectuează cu scopul de a mări suprafața de eliminare a apei în timpul uscării și pentru obținerea unui produs cu umiditate omogen distribuită. Granularea se face cu ajutorul granuloarelor sau extruderelor, care funcționează pe principiul mașinii de tocat carne. Drojdia este mărunțită sub formă de vermiceli prin trecerea ei printr-o sită cu orificii de 1,5÷2 mm. Există și mașini care transformă drojdia în granule rotunde. Drojdia astfel mărunțită, care ocupă un volum de circa două ori mai mare decât masa sa, este încărcată într-un strat subțire cu grosimea de 2÷3 cm, în tăvile uscătorului de drojdie.

Uscarea biomasei granulate se face în curent de aer cald, la temperaturi care să nu depășească 40⁰C. Viteza de eliminare a umidității din drojdie depinde de: umiditatea relativă și temperatura aerului cu care se face uscarea, viteza aerului cald în uscător, dimensiunea granulelor de drojdie, grosimea stratului de granule, etc.

Uscarea granulelor de drojdie se poate face discontinuu, fără amestecarea materialului supus uscării (uscătoare cu zone), cu amestecarea granulelor în timpul uscării (instalații de uscare cu tambur rotativ) și continuu, în strat staționar (uscătoare-tunel) sau în uscătoare în strat fluidizat.

În practică se folosește cel mai mult uscătorul cu zone (tip Schilde) cu capacitatea de 30÷40 kg drojdie uscată/oră.

Instalația de uscare este alcătuită din tunelul de uscare în care se găsesc patru rânduri de rame pe care se sprijină câte patru site/ramă pe care se așează sub formă de vermiceli. Sitele se așează pe rame care se introduc și se scot din uscător pe patru rânduri cu ajutorul unui dispozitiv special. După introducerea sitelor în uscător acesta se închide și se începe introducerea aerului cald pe la partea inferioară, care trece prin site și se elimină prin coșul de evacuare.

Uscarea se începe la o temperatură mai scăzută de 32⁰C, după care se ridică treptat temperatura până la 45⁰C pe măsură ce se elimină apa din drojdie. În timpul uscării, sitele cu drojdie sunt trecute treptat, la intervale de 10÷15 minute, din zonele superioare cu temperatură mai scăzută spre zonele inferioare mai calde. Procesul de uscare durează 60 minute, rezultând o drojdie uscată cu umiditatea de 7,5÷9,5% și 3÷4 % celule moarte.

Uscătorul cu zone prezintă dezavantajul unei productivități scăzute și a unei distribuții neuniforme a aerului cald, ceea ce face ca și uscarea drojdiei să fie neuniformă. De asemenea nu se poate face o reglare cu exactitate a temperaturii aerului de uscare.

Rezultate mai bune se obțin prin folosirea uscătoarelor tunel cu funcționare continuă, care permit o mai bună reglare a debitului de aer, a temperaturii și umezelii relative a acestuia.

Drojdia uscată are o umiditate de 7,5÷9,5%, un procent de celule moarte de 3÷4%, iar capacitatea de fermentare de 55÷60 minute.

Ambalarea drojdiei uscate se face în ambalaje de 5÷7 g drojdie uscată pentru uzul casnic, de 1 kg pentru mica industrie și în ambalaje mai mari pentru fabrici de pâine. Drojdia uscată ambalată în cantități mici se realizează în atmosferă de gaz inert (azot) sau sub vid, ceea ce îi asigură o conservabilitate ridicată de 1÷1 ½ ani.

La fabricarea drojdiei uscate este necesar să se realizeze un control periodic al capacității de fermentare atât a drojdiei umede cât și a drojdiei uscate produse.

Drojdia uscată se utilizează în panificație după o prealabilă reactivare timp de 30÷80 minute într-o suspensie de făină de grâu la temperatura de 37÷43⁰C, când drojdia își reia activitatea fermentativă normală (Hopulele, T., 1980).

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Anghel, I., 1984 – *Drojdiile*, Editura Academiei R.S.R., București
2. Anghel, I., et al., 1985 – *Protoplastii – model experimental pentru studii de biologie celulară și moleculară*, Editura Tehnică, București
3. Anghel, I., et al., 1989 – *Biologia și tehnologia drojdiilor*, vol.I, Editura Tehnică, București
4. Anghel, I., et al., 1991 – *Biologia și tehnologia drojdiilor*, vol.II, Editura Tehnică, București
5. Anghel, I., et al., 1993 – *Biologia și tehnologia drojdiilor*, vol.III, Editura Tehnică, București
6. Bahrim, G., 1999 – *Microbiologie tehnică*, Editura Evrika, Brăila
7. Anghel, I., Mitrache, L., 1995 – *Lecții de genetică*, Editura Scaiul S.R.L., București
8. Banu, C., et al., 1993 – *Progrese tehnice, tehnologice și științifice în industria alimentară*, vol.II, Editura Tehnică, București
9. Banu, C., et al., 1998 – *Manualul inginerului de industrie alimentară*, vol. I, Editura Tehnică, București

10. Banu, C., et al., 1999 – *Manualul inginerului de industrie alimentară*, vol. II, Editura Tehnică, București
11. Banu, C., et al., 2000 – *Biotehnologii în industria alimentară*, Editura Tehnică, București
12. Banu, C., et al. – *Aditivi și ingrediente pentru industria alimentară*, Editura Tehnică, București
13. Borha, V.M., Segal, B., 1988 – *Alcoolul etilic carburant*, Editura Tehnică, București
14. Cojocaru, C., 1969 – *Procedee tehnologice în industria fermentativă*, Editura Tehnică, București
15. Cyimesi, J., Solyan, L., et al., 1979 – *Manualul industriei drojdiei și alcoolului*, Editura Agricolă, Budapesta
16. Dabija, A., 2000 – *Biotehnologie de fabricare industrială a drojdiei cu activitate enzimatică superioară*, Teză de doctorat, Universitatea din Galați
17. Dabija, A., 2001 – *Drojdia de panificație. Utilizări – perspective*, Editura Tehnică-INFO, Chișinău
18. Dan, Valentina, 1991 – *Controlul microbiologic al produselor alimentare*, Universitatea Galați, 1991
19. Dan, V., et al., 1995 – *Memorator drojdiei*, Universitatea din Galați
20. Dan, V., 2001 – *Microbiologia alimentelor*, Editura Alma, Galați
21. Ioancea, L., et al., 1986 – *Mașini, utilaje și instalații în industria alimentară*, Editura Ceres, București
22. Hopulele, T., 1980 – *Tehnologia berii, spiritului și a drojdiei*, vol. II, Universitatea din Galați
23. Jâșcanu, V., 1986 – *Operații și utilaje în industria alimentară*, Universitatea din Galați
24. Konovalov, S.A., 1980 – *Biochimia drojdiei*, Moscova
25. Leonte, M., 2000 – *Biochimia și tehnologia panificației*, Editura, Crigarux, Piatra Neamț
26. Macovei, V. M., 2000 – *Caracteristici termofizice pentru biotehnologie și industrie alimentară, tabele și diagrame*, Editura Alma, Galați
27. Mencinicopschi, Gh., et al., 1987 – *Biotehnologii în prelucrarea produselor agroalimentare*, Editura Ceres, București
28. Novakovskaia, S.S., Șișătkii, I.I., 1980 – *Îndrumar în producția drojdiei de panificație*, Pișcevaia promișlennosti, Moscova
29. Oancea, I., 1974 – *Aspecte ale metabolismului unor substanțe fermentescibile la drojdiei*, Teză de doctorat, Universitatea Galați
30. Raicu, P., Badea, E., 1986 – *Cultura de celule și biotehnologiile moderne*, Editura Științifică și Enciclopedică, București
31. Raicu, P., 1990 – *Biotehnologii moderne*, Editura Tehnică, București
32. Rășenescu, I., et al., 1987 – *Lexicon – Îndrumar pentru industria alimentară*, vol. I, Editura Tehnică, București
33. Rășenescu, I., et al., 1988 – *Lexicon – Îndrumar pentru industria alimentară*, vol. II, Editura Tehnică, București
34. Rotaru, V., Filimon, N., 1976 – *Tehnologii în industria alimentară fermentativă*, Editura Didactică și Pedagogică, București
35. Sasson, Al., 1988 – *Biotehnologiile – sfidare și promisiuni*, Editura Tehnică, București
36. Sasson, Al., 1993 – *Biotehnologii și dezvoltare*, Editura Tehnică, București
37. Segal, B., et al., 1986 – *Metode moderne de îmbunătățire a calității și stabilității produselor alimentare*, Editura tehnică, București
38. Segal, R., 1998 – *Biochimia produselor alimentare*, Vol. I și II, Editura Alma, Galați
39. Spencer, J., Spencer, D.M., 1990 – *Yeast technology*, Springer – Verlag, Berlin
40. Stoicescu, A., 1984 – *Cercetări privind formarea alcoolilor superiori în principalele procese fermentative*, Teză de doctorat, Universitatea Galați
41. Zarnea, G., et al., 1983 – *Bioingineria preparatelor enzimatice microbiene*, Editura Tehnică, București
42. Zimmermann, F.K., Entian, K.D., 1997 – *Yeast sugar metabolism. Biochemistry, Genetics, Biotechnology and Applications*, Technomic Publishing Co. Inc., Pennsylvania, USA