

UTILIZAREA TEHNOLOGIILOR NECONVENTIONALE IN PROCESUL DE FABRICATIE A BERII

Berea este o bautura slab alcoolica, nedistilata, obtinuta prin fermentarea, cu ajutorul drojdiei, a mustului de malt si eventual a unor cereale nemaltificate fierte cu hamei. Dupa apa, cafea si lapte, berea este cea mai populara bautura din lume, fiind privita ca un produs ce face parte dintr-un mod sanatos de viata.

Procesul tehnologic clasic de fabricare a berii consta in urmatoarele:

- obtinerea maltului, care se realizeaza prin urmatoarea succesiune de faze: precuratirea, trierea, sortarea, germinarea, uscarea, curatirea de radicele a boabelor de orz sau orzoaica;
- obtinerea mustului de bere, care se realizeaza prin urmatoarea succesiune de faze: macinare, plamadire, zaharificare, filtrarea plamadei, fierberea mustului de malt cu hamei;
- fermentatia primara si fermentatia secundara;
- operatiile finale care constau in filtrare, pasteurizare si imbuteliere.

Tehnologiile moderne de fabricare a berii au in vedere aspectele tehnice, cele economice, normele igienico-sanitare si normele de calitate. Implementarea unor tehnologii neconventionale in procesul tehnologic de fabricare a berii urmareste simplificarea operatiilor tehnologice, reducerea cheltuielilor de productie, reducerea timpului de fabricatie si diversificarea sortimentelor de bere.

Un studiu efectuat asupra brevetelor publicate in perioada 1993 – 2003 a evidentiat faptul ca exista un interes deosebit pentru aplicarea de tehnologii neconventionale in procesul tehnologic de obtinere a berii, in vederea diversificarii gamei sortimentale de bere si a imbunatatirii calitatii acesteia:

- Fierberea maltului la 69 – 70 °C si mentinerea timp de 90 - 100 minute, filtrarea berii la presiune constanta de CO₂ de 1,0-1,5 kgf/cm².
- Introducerea in procesul tehnologic a unei operatii de tratare in camp magnetic intens si uniform produs cu un electromagnet alimentat in curent continuu sau un magnet permanent Nd – Fe – B pentru reducerea continutului de diacetil.
- Introducerea in treptele de fierbere a mustului a unor etape de inghetare la - 8 ÷ - 12 °C, care conduce la limpezirea berii produse.
- Obtinerea sortimentelor de bere fara alcool sau cu continut redus de alcool, destinata consumului persoanelor bolnave de ficat sau diabet, prin separarea alcoolului din bere prin procesul de osmoza inversa utilizand membrane din acetat de celuloza, acetat de vinil, sau prin diluare cu apa.
- Introducerea in procesul de fermentare a unei surse de enzime si inlocuirea completa a maltului cu materiale nemaltificate, operatia de incalzire la plamadire-zaharificare fiind realizată la 70 – 73 °C timp de 50 – 60 minute.
- Obtinerea berii slab alcoolice prin introducerea de apa racita la finalul operatiei de fermentare primara, favorizand indepartarea drojdiilor din proces.
- Obtinerea berii cu spirulina, care creste continutul de elemente nutritive si imbunatateste culoarea acesteia.
- Folosirea unui amestec initial pentru obtinerea berii format din 70% orz si 30% orez, conducand la obtinerea unei beri cu luciu placut.
- Sterilizarea berii la temperatura de 55 – 60 °C timp de 8-15 minute direct in buteliile din material plastic.
- Obtinerea drojdiei de bere si reintroducerea ei in procesul de fermentare, pentru a mari capacitatea de productie.

- Obținerea berii cu extract de aloe, care conferă berii proprietăți nutritive, gust și culoare deosebite.
- Obținerea de bere cu diverse arome de fructe și plante, prin imersarea acestora în bere ori introducerea sucului de fructe sau plante în diferite faze de fabricație, rezultând o bere cu calități nutritive, miros și gust plăcut.
- Introducerea în bere a unor extracte din medicina tradițională chinezească, pentru îmbunătățirea culorii și gustului, a proprietăților curative și acidității.
- Obținerea berii fără alcool prin introducerea unei etape de gelatinizare a orzului nemaltificat, urmată de zaharificare, fierbere, adăugarea maltului și amestecare cu berea primară.
- Introducerea în bere de *Gynostemma pentophyllum*, care îmbunătățește metabolismul organismului și modelează corpul prin scăderea în greutate.
- Decolorarea unor materii prime, cum ar fi orzul sau porumbul, în vederea obținerii unei beri cu o culoare mai deschisă decât cea clasică.
- Introducerea de germaniu organic, pentru a produce creșterea calitatilor nutritive și curative (creșterea rezistenței la cancer și scăderea în greutate).
- Aplicarea procesului de microfiltrare cu membrane ceramice pentru îndepărtarea drojdiilor din bere.
- Sterilizarea berii prin pasteurizare la rece, utilizând membrane de tip metalo-ceramic cu strat de dioxid de titan, care conduce la creșterea calității berii și la menținerea dioxidului de carbon în bere.
- Aplicarea dializei pentru ajustarea componentelor berii în funcție de sortimentul care se dorește a fi obținut.
- Înlocuirea unei cantități de malt cu fructoza, care conduce la reducerea timpului de fermentație și conferă berii stabilitate.
- Folosirea unor metode moderne de măsurare a concentrației mustului utilizând senzori cu ultrasunete.

Sintetizând conținutul acestor brevete rezultă că metodele și tehnologiile noi aplicabile în fluxul de fabricație a berii sunt următoarele:

- procesele de membrană, pentru tratarea apei utilizate ca materie primă în procesul de fabricație a berii și pentru filtrarea sterilă a berii finite;
- tratarea cu ultrasunete, în vederea solubilizării rapide a unor substanțe sau a hidrolizării amidonului în faza de plamadire-zaharificare; tratarea cu ultrasunete de mică putere pentru stimularea extracției de substanțe utile din hamei și precipitarea proteinelor macromoleculare la fierberea cu hamei; reducerea timpului de fermentare prin aplicarea ultrasunetelor, accelerându-se astfel fenomenele fizico-chimice; sterilizarea berii și a recipientelor în care se ambalează prin aplicarea tratamentului de ultrasunete;
- utilizarea câmpurilor electrostatice în scopul stimulării germinării boabelor de orz și al expulzării microorganismelor din crapăturile și fisurile boabelor, precum și pentru tratarea apei utilizate în procesul de fabricație;
- eliminarea operației de maltificare și introducerea de enzime imobilizate;
- obținerea de noi sortimente de bere cu calități deosebite pentru sănătatea omului.

Utilizarea proceselor de membrană la fabricarea berii

În ultimul deceniu, membranele și procesele de separare prin membrane sunt folosite tot mai mult în procesele industriale, deoarece sunt mult mai eficiente și mai economice decât tehnicile convenționale. Procesele de separare prin membrane sunt

tehnologii neconventionale denumite "*tehnologii curate*" si sunt considerate *tehnologii ale viitorului*. Principalul avantaj al proceselor membranare consta in capacitatea de a separa si concentra compusi termolabili. Tehnicile membranare cele mai utilizate in industria berii sunt microfiltrarea, ultrafiltrarea si osmoza inversa.

Microfiltrarea este procesul membranar prin care se pot separa dintr-un mediu lichid sau gazos particule insolubile cu dimensiuni mai mari de $0,1 \mu\text{m}$, aflate in suspensie sau sub forma emulsionata, forta motrice fiind un gradient de presiune aplicat la suprafata de separare. Microfiltrarea se utilizeaza in procesele de clarificare si sterilizare a berii si prezinta avantajul ca elimina consumul de adjuvant de filtrare (in tehnologia clasica se consuma circa 130-140 g Kieselgur pentru 1 hectolitru de bere), indepartandu-se in totalitate drojdiile si realizandu-se practic sterilizarea berii.

Ultrafiltrarea face parte tot din categoria proceselor de baromembrana, fiind procedeul prin care se indeparteaza dintr-un amestec compusii cu mase moleculare cuprinse intre 500 – 50 000 Da (zaharuri, biomolecule, polimeri si particule coloidale), ceea ce corespunde la un diametru mediu al porilor cuprins intre $0,1-1 \text{ nm}$. Tehnica ultrafiltrarii este utilizata în special in procesul de prefiltrare a berii, in vederea reducerii continutului de alcool prin osmoza inversa.

Osmoza inversa este operatia de separare dintr-un fluid a compusilor cu greutate moleculară mica, de circa 1 000, organici si anorganici (cu dimensiuni sub $0,001 \mu\text{m}$). Pentru a se preveni osmoza normala se lucreaza la presiuni mari ($60-100 \times 10^5 \text{ Pa}$), mai ridicate decat presiunea osmotica a solutiei, care actioneaza in sens invers.

Membranele de microfiltrare se prepara din solutii polimerice de concentratii 10% si 12% prin dizolvarea poliacrilonitrilului in 1-metil-2-pirolidona. Solutiile sunt depuse pe un suport textil si precipitate prin imersare intr-o baie de apa. Membranele se pastreaza intr-o solutie de conditionare de 7-10% glicerina si sunt caracterizate prin metode fizico-chimice. Aceste membrane au o structura asimetrica.

Membranele de ultrafiltrare se prepara din solutii polimerice de concentratie 15% poliacrilonitril in N-metilpirolidona si au de asemenea o structura asimetrica.

Membranele de osmoză inversă se prepara prin tehnica inversiei de faza, din solutii polimerice de concentratii 25, 27 si 30% acetat de celuloza in acetona, in prezenta formamidei ca aditiv. Solutiile polimerice se depun pe un suport netesut.

Sistemele membranare sunt aplicate la filtrarea apei utilizate in procesul tehnologic de fabricatie a berii, atat ca materie prima propriu-zisa, cat si pentru spalarea ambalajelor, producerea aburului, sau ca agent de dezinfectie si de racire. S-a constatat ca utilizarea instalatiilor membranare la purificarea apei pentru fabricarea berii este cea mai avantajoasa din punct de vedere economic si sub aspectul calitatii apei obtinute.

Prin microfiltrare se indeparteaza, odată cu suspensiile coloidale din bere, si flora microbiana (microorganismele prezente). Procedeul permite eliminarea operatiei de pasteurizare – un proces tehnologic costisitor. Ultrafiltrarea se aplica in scopul sterilizarii berii, dar si pentru reducerea continutului de alcool. Osmoza inversa permite obtinerea berii fara alcool.

Utilizarea ultrasunetelor in procesul tehnologic de fabricatie a berii

Actiunea ultrasonica are in general efecte asupra drojdiei si asupra procesului de sterilizare. De asemenea, ultrasunetele pot fi utilizate si la procesul de spalare si sterilizare a recipientelor.

Actiunea ultrasunetelor asupra drojdiei necesita stabilirea cu precizie a timpului de expunere, intrucat la o depasire a acestuia nu numai ca efectul nu mai este stimulator, dar se constata si o degradare a celulelor de drojdie. Ultrasunetele

au rol de activare a drojdiei si furnizeaza un contact mai bun intre celule si nutrienti, fapt ce conduce la scurtarea ciclului de productie prin amplificarea reactiilor chimice prezente la fermentatie.

Sterilizarea berii prin ultrasunete se realizeaza prin aplicarea ultrasunetelor de joasa frecventa asupra berii filtrate, avand un rol benefic prin distrugerea celulelor de drojdie ramase dupa filtrare si prin inactivarea urmelor de enzime ajunse in aceasta faza. Timpul de expunere este de circa 5 minute. Aplicarea ultrasunetelor produce o stabilitate mai mare a berii (sterilizare) si o depunere a microparticulelor aflate in suspensie in tancurile de linistire. In felul acesta creste stabilitatea biologica a produsului.

Utilizarea ultrasunetelor pentru spalarea si sterilizarea recipientelor a aparut ca o necesitate odata cu inceperea imbutelierii uleiului comestibil in sticlele standard de bere. Acest lucru a condus la aparitia unui ambalaj necorespunzator in fabricile de bere. Pentru eliminarea rapida a particulelor de ulei de pe sticle se utilizeaza ultrasunete de medie frecventa, care realizeaza in acelasi timp si o sterilizare a sticlelor.

Tratarea cu ultrasunete este utilizata cel mai adesea pentru urmatoarele faze din procesul de fabricatie a berii:

- tratarea apei de plamadire si a plamezii de malt, pentru stimularea activitatii enzimaticice a maltului;
- tratarea plamezii pentru hidrolizarea mai rapida a amidonului in cazul utilizarii enzimelor imobilizate, pentru cresterea vitezei de difuzie a elementelor de descompunere prin modulul de enzime;
- tratarea mustului la operatia de fierbere cu hamei, in vederea imbunatatirii gustului si aromei cu hamei, precum si pentru favorizarea precipitarii proteinelor macromoleculare, cu efect asupra stabilitatii berii;
- stimularea fermentarii mustului de bere;
- activarea drojdiei de bere;
- inactivarea enzimelor reziduale in mustul de malt si mustul de bere;
- sterilizarea berii.

Avantajele aplicarii tehnologiei cu ultrasunete la fabricarea berii sunt spectaculoase:

- reducerea timpului de fabricatie de la 42 de zile la 5-6 zile;
- economie de energie si manopera de cel putin 75%;
- obtinerea unei beri de calitate superioara;
- cresterea capacitatii de fabricatie a liniilor tehnologice;
- implementarea usoara pe liniile tehnologice existente.

Generatoarele de ultrasunete folosite au puteri in jur de 1 kW si o frecventa de 20-40 kHz. Traductoarele utilizate pentru uniformizarea campului ultrasonic sunt din materiale piezoceramice.

Utilizarea campurilor electrostatice in procesul tehnologic de fabricatie a berii

Separarea in camp electrostatic a semintelor foloseste drept criterii de separare atat deosebirile dintre caracteristicile fizico-mecanice ale semintelor, cat si diferentierile dintre proprietatile electrice ale acestora (rezistivitatea electrica, permitivitatea, polarizatia, capacitatea de incarcare si descarcare cu sarcini electrice). Tehnologiile de separare a semintelor in campuri electrostatice intense pot fi denumite si *tehnologii electroionice*, deoarece particulele incarcate se comporta asemanator purtatorilor de sarcina din tuburile cu vid sau cu gaz rarefiat.

Electrosepararea consuma energie mult mai mica fata de procedeul clasic de separare mecanica, deoarece fortele generate de campurile electrice intense

actioneaza direct asupra semintelor, evitandu-se transformarile energetice intermediare. Pe langa un consum energetic redus (curenti de ordinul $10^{-6} \dots 10^{-4}$ A), electrosepararea ofera posibilitatea de prelucrare a celor mai diferite materiale, atat a unor particule conducatoare de electricitate, cat si a celor cu rezistivitate dielectrica mare.

In tehnologia de fabricare a berii electrosepararea se aplica la separarea si eliminarea din masa de seminte a impuritatilor organice (frunze, insecte moarte, seminte putrezite sau mucegaite, seminte de buruieni sau alte plante de cultura, seminte arse in uscatorii, boabe sparte, nedezvoltate etc), precum si a impuritatilor anorganice (pamant, nisip, oxizi, praf etc.).

Procedeul tehnologic de electroseparare foloseste interactiunea dintre semintele incarcate cu sarcini electrice si campul electrostatic, realizand sortarea in functie de proprietatile electrice si fizico-mecanice ale semintelor. De aceea, proprietatile fizico-mecanice si electrice ale partilor componente dintr-un amestec de seminte au un rol hotarator la sortarea acestora in camp electrostatic. Aceste proprietati sunt influentate in mare masura de catre umiditate.

Aplicarea campurilor electrostatice in tehnologia de fabricatie a berii se poate face in urmatoarele faze: sortarea si separarea semintelor, dezinfectarea acestora si tratarea apei de proces.

Dupa unele cercetari efectuate, se poate realiza si biostimularea semintelor de orz prin mentinerea circa 3 secunde intr-un camp electric cu intensitatea in jur de 125 KV/m. Efectul creste in intensitate din momentul aplicarii si se mentine aproximativ 15 zile, dupa care dispare incet. Procesul de biostimulare se amplifica pe masura ce durata de aplicare a campului electric este mai mare.

Semintele de orz pot fi infectate cu microorganisme daunatoare, fie la exterior fie in interiorul lor. Sarcinile electrice concentrate pe marginile fisurilor si crapaturilor au ca efect cresterea intensitatii campului electric, provocand expulzarea energica in spatiul dintre electrozi a tuturor particulelor si microorganismelor incarcate cu sarcini electrice de acelasi semn. Aspirand aerul dintre electrozi se poate asigura indepartarea de pe suprafata semintelor a microorganismelor daunatoare.

Utilizarea enzimelor imobilizate la fabricarea berii

Utilizarea preparatelor enzimatic imobilizate in membrane la transformarea prin cataliza eterogena a diferitelor substrate tinde sa devina o practica de lucru curenta, datorita urmatoarelor avantaje oferite:

- permite utilizarea repetata a enzimei (cu aceeasi cantitate de enzima se poate prelucra o cantitate mai mare de substrat);
- permite lucrul in instalatii cu functionare semicontinua si continua (micsorand volumul instalatiei si permitand automatizarea proceselor);
- enzima nu se regaseste in produs (se elimina faza de inactivare termica a enzimei);
- transformarea substratului se poate opri la momentul dorit, printr-o simpla operatie mecanica;
- se pot trata in conditii economice solutii diluate de substrat (ape reziduale, subproduse etc.);
- se pot deplasa in mod controlat spre anumite valori optime pH-ul si temperatura;
- la utilizarea procedeeelor continue, scade timpul de contact intre enzima, substrat, produse (fata de procedeele discontinue), scazand astfel si posibilitatea formarii de produse secundare nedorite.

Imobilizarea enzimelor se realizeaza prin metode fizice si metode chimice. Este frecvent utilizata imobilizarea enzimelor in celule de ultrafiltrare, cu sau fara

modificarea structurii enzimei. Solutia de enzima si solutia de substrat reactioneaza sub o anumita presiune, iar produsele de reactie au o masa moleculara mica ce permite evacuarea din celula, membrana fiind impermeabila pentru enzima. Pentru a obtine o productivitate mare a proceselor biocatalitice se utilizeaza membrane cu suprafata specifica mare, asa cum sunt membranele hollow-fiber. In aceeasi celula de ultrafiltrare pot fi immobilizate simultan mai multe enzime.

Modificarea structurii enzimei se aplica in scopul evitarii pierderii de activitate enzimatica prin trecerea moleculelor de enzima prin porii membranelor, realizandu-se complexi solubili enzima-polimer. Se pot folosi in acest caz membrane de microfiltrare, care permit fluxuri mari.

In procesul tehnologic de fabricatie a berii sunt utilizate enzimele immobilizate in urmatoarele faze: plamadire-zaharificare; fermentare primara; fermentare secundara; maturarea berii.

Daca se elimina operatia de maltificare, sunt necesare interventii pentru obtinerea efectelor enzimatic si reducerea complexitatii substantelor care intra in structura bobului de orz (proces cunoscut sub denumirea de "solubilizarea orzului"). Aplicand noile tehnici de immobilizare a enzimelor la operatia de plamadire – zaharificare se poate realiza degradarea amidonului, a hemicelulozelor, proteinelor, substantelor azotate, compusilor cu fosfor si a polifenolilor.

La fermentarea primara, enzimele immobilizate se utilizeaza pentru hidroliza urmelor de amidon din must (stiut fiind ca amidonul nehidrolizat afecteaza stabilitatea coloidala si microbiologica a berii finite), cresterea gradului de fermentare si imbunatatirea filtrarii berii.

La fermentarea secundara zaharurile sunt fermentate in continuare pana la concentratia de alcool dorita, realizandu-se totodata saturarea berii in CO₂ si limpezirea naturala.

La maturarea berii, pe langa depunerea drojdiilor ramase si a precipitatelor din bere, se utilizeaza enzime care transforma compusii cu prag de sensibilitate mai ridicat (diacetil, aldehide) si care indeparteaza proteinele si compusii fenolici. Tot cu un preparat enzimatic immobilizat se realizeaza si indepartarea oxigenului, care poate sa modifice caracteristicile senzoriale ale berii prin reactii de oxidare, favorizand si dezvoltarea bacteriilor aerobe.