

CONSERVAREA PRODUSELOR ALIMENTARE

1. STABILITATEA PRODUSELOR ALIMENTARE

Produsele alimentare au ca trăsătură specifică *perisabilitatea*. De aceea este important să se cunoască factorii care le influențează stabilitatea, procesele care pot să le producă modificări calitative precum și metodele prin care li se poate asigura o perioadă cât mai îndelungată de valabilitate.

1.1. Factori care influențează stabilitatea produselor alimentare

Principalii factori care influențează stabilitatea produselor alimentare sunt:

➤ **Conținutul de umiditate.** Apa este absolut necesară pentru dezvoltarea microorganismelor deoarece permite *desfășurarea activității metabolice și menținerea echilibrului osmotic celular*. Necesarul de apă pentru o anumită specie de microorganisme se exprimă printr-o mărime numită *activitatea apei* (a_w) care reprezintă raportul dintre presiunea parțială a vaporilor de apă de la suprafața produsului alimentar (p) și presiunea de vaporii ($p_0 = p_s$) a apei pure la aceeași temperatură $a_w = \frac{p}{p_s} \cdot 100$. Dintre microorganisme *mucegaiurile* necesită cele mai mici cantități de apă ($a_w = 10\%$), fiind urmate de *drojdii* ($a_w = 25\%$), de *bacteriile gram-negative* și respectiv de *bacteriile gram-pozitive* ($a_w = 35\%$).

➤ **Oxygenul** exercită o influență foarte mare asupra dezvoltării microorganismelor deoarece poate stimula sau împiedica dezvoltarea lor. Microorganismele pot fi *strict aerobe* (se dezvoltă numai în prezența oxigenului liber), *strict anaerobe* (se dezvoltă doar în absența oxigenului liber), *facultativ aerobe* (sunt capabile să crească și în condiții aerobe, dar se dezvoltă mai repede în medii anaerobe) și *facultativ anaerobe* (sunt capabile să crească și în condiții anaerobe, dar se dezvoltă mai repede într-un mediu aerob). Bacteriile care pot altera conservele insuficient sterilizate sunt de obicei *strict anaerobe* sau *facultativ anaerobe*.

➤ **pH-ul.** Domeniul optim de pH pentru dezvoltarea celor mai multe *bacterii* este cuprins între $6,5 \div 7,5$. Excepție de la această regulă fac: bacteriile producătoare de acizi care se pot dezvolta și în medii acide (la $pH < 3$) și bacteriile de putrefacție care se pot dezvolta și în medii bazice (la $pH = 11$). *Drojdii* și *mucegaiurile* preferă un mediu acid $pH = 4$, putându-l chiar modifica în acest sens. Unele specii de mucegaiuri, de exemplu *Aspergillus Niger*, se dezvoltă foarte bine într-un mediu puternic acid ($pH = 2 \div 3$).

➤ **Potențialul redox** Cu cât un substrat este mai oxidat, cu atât va avea un potențial de oxidare pozitiv mai mare și invers, cu cât este mai redus, cu atât va avea un potențial de reducere pozitiv și mai mare. Microorganismele prezintă sensibilități diferite față de potențialul de oxidare/reducere al mediului lor de creștere. Microorganismele aerobe preferă medii de creștere cu potențiale de oxidare pozitive, în timp ce microorganismele anaerobe preferă medii cu potențiale de oxidare negative.

➤ **Conținutul de substanțe nutritive.** Pentru a crește și funcționa normal microorganismele din alimente necesită: *apă, surse de carbon* (zaharuri, alcoolii și aminoacizi), *surse de azot* (aminoacizi, peptide, proteine), *vitamine și substanțe minerale*.

➤ **Substanțele toxice.** Unele substanțe chimice exercită o acțiune vătămătoare sau chiar letală asupra microorganismelor, în timp ce altele pot stimula dezvoltarea microorganismelor atunci

când sunt în cantități mici, devenind vătămătoare doar în concentrații mari. Uneori *microorganismele se pot acomoda cu doze însemnate de substanțe care în mod obișnuit exercită o acțiune toxică*. De exemplu, drojdiile se pot acomoda cu cantități relativ mari de acid sulfuros (100÷200 mg/l), iar rezistența lor față de acesta poate persista timp de câteva generații.

➤ **Temperatura.** Bacteriile care pot infesta produsele alimentare se clasifică în funcție de temperatura optimă de dezvoltare în:

- *psihrofile* (10 ... 20°C);
- *psihrotrofe* (20 ... 30°C)
- *mezofile* (30 ... 40°C);
- *termofile* (50 ... 60°C).

Temperatura optimă la care se dezvoltă drojdiile este 25°C, în timp ce intervalul optim de temperatură pentru dezvoltarea mucegaiurilor este 20 ... 27°C.

➤ **Lumina** nu influențează dezvoltarea majorității speciilor de mucegaiuri.

Dezvoltarea bacteriilor și a drojdiilor este influențată de radiațiile spectrului vizibil astfel:

- *radiațiile cu lungime de undă mică (violet și albastre)* au influență nocivă;
- *radiațiile portocalii și galbene* sunt indiferente;
- *radiațiile verzi* au acțiune stimulatorie asupra acestor microorganisme.

1.2. Modificarea calității produselor alimentare

Toate produsele alimentare suferă după o anumită perioadă de timp de la recoltare sau de la fabricare o serie de *transformări* care pot fi:

- **mecanice:** se manifestă prin apariția unor *leziuni* sub formă de crăpături, tăieturi, zdrobiri, tasări etc. care favorizează alterarea biologică;
- **fizice:** se datorează *fluctuațiilor de temperatură și variației umidității aerului* din spațiile de depozitare;
- **fizico-chimice:** râncezirea lipidelor, oxidarea pigmentilor și a unor vitamine, denaturarea proteinelor (care pot afecta culoarea, mirosul și gustul alimentelor);
- **biochimice:** inițiate de enzimele proprii celulelor produsului alimentar (*enzime endogene*) având ca efect degradarea țesuturilor;
- **biologice:** provocate de acțiunea *microorganismelor nedorite* și a enzimelor elaborate de acestea (*enzime exogene*), în principal prin procese de fermentație.

1.2.1. Modificări biologice

1.2.1.1. Modificări microbiologice

Modificările microbiologice (*fermentația, mucegăirea, putrefacția*) se produc datorită acțiunii *microorganismelor* (bacterii, drojdii și mucegaiuri) și a *enzimelor produse de acestea* asupra unor substanțe componente ale produselor alimentare (glucide, proteine, lipide). Ca urmare a acestor procese, compoziția chimică a produselor alimentare suferă modificări, care pot merge până la distrugerea completă a substanțelor nutritive, produsele devenind astfel improprii consumului.

1.2.1.1.1. Fermentația

Procesele de **fermentație** (*alcoolică, acetică, lactică, butirică* etc.) sunt produse de enzimele *microorganismelor anaerobe*. Aceste microorganisme produc transformări chimice substratului asupra căruia acționează (*de obicei* glucide), cu formarea unui produs principal (în cantitate mai mare) și a unor produse secundare.

Fermentația alcoolică constă în transformarea *zaharurilor simple*, fermentescibile (glucoza, manoza, galactoza, fructoza etc.) în *alcool etilic* și *bioxid de carbon*. Este provocată de *drojdii* din genul *Saccharomyces*, de *mucegaiuri* (*Mucoraceae, Penicillium glaucum*) și de *bacterii* (*Bacillus acetono-etilicus*) etc. Apare în cazul unor condiții de depozitare necorespunzătoare, sau ca urmare a unei pregătiri defectuoase a produselor pentru păstrare (ex: fierbere insuficientă, conținut insuficient de zahăr etc.).

Fermentația acetică este produsă de enzimele *bacteriilor acetice* (*acetobacterii*) și constă în oxidarea alcoolului etilic (rezultat în prealabil prin fermentație alcoolică) în *acid acetic*. Produsele capătă un gust acru, înțepător (de oțet). Fermentația acetică determină deprecierea unor produse alimentare păstrate în condiții improprie (oțetirea vinului, alterarea berii, a unor produse lactate acide etc.). Factorii favorizanți sunt oxigenul și temperatura de $25 \div 30^{\circ}\text{C}$.

Fermentația butirică are loc în absența aerului, sub acțiunea *bacteriilor butirice* (din grupa *Granulobacter*) și constă în descompunerea zaharurilor în acid butiric. Fermentația butirică reprezintă de obicei o fermentație secundară și poate apărea în timpul păstrării în condiții necorespunzătoare a produselor murate, brânzeturilor, laptelui etc., care capătă gust amar și miros neplăcut.

Fermentația malolactică (sau degradarea malolactică), este un fenomen biochimic prin care *acidul malic* (2-hidroxisuccinic) este *decarboxilat la acid lactic* cu ajutorul *bacteriilor lactice*.

1.2.1.1.2. Putrefacția

Putrefacția este un proces microbiologic provocat de *bacteriile de putrefacție* (*aerobe și anaerobe*) și mai rar de acțiunea unor *mucegaiuri*. Principalele *bacterii de putrefacție aerobe* sunt: *Bacillus mesentericus*, *B. proteus*, *B. fluorescens*, *B. subtilis*, *E. Coli*. Din categoria *bacteriilor de putrefacție anaerobe* cele mai importante sunt: *Bacterium putrificus*, *Bacterium sporogenes* și *Clostridium perfringens*. Dezvoltarea acestor bacterii este favorizată de temperatura mare și de umiditatea ridicată.

Bacteriile de putrefacție atacă îndeosebi substanțele proteice, provocând transformări profunde ale aminoacizilor cum ar fi:

- *reacții de decarboxilare* ce decurg cu eliminare de bioxid de carbon;
- *reacții de dezaminare* ce au loc cu eliminare de amoniac;
- *reacții de desulfurare* ce decurg cu eliminare de hidrogen sulfurat, dacă există aminoacizi cu sulf în structura proteinelor.

Fenomenul de putrefacție se desfășoară în două stadii:

- în prima etapă are loc *hidroliza proteinelor* sub acțiunea *enzimelor proteolitice*, sintetizate de bacteriile aerobe de putrefacție, formându-se albumoze, peptone, oligopeptide și apoi aminoacizi;

- în faza a doua acționează *bacteriile sporulate* care produc o *descompunere* puternică a *substanțelor formate în prima etapă*. Datorită acestor transformări, în produsele alimentare apar diferiți acizi alifatici (formic, acetic, butiric), acizi aromatici, amine (putresceina, cadaverina, histamina, tiramina), compuși indolici (indol, scatol), fenoli, mercaptani și alte gaze (CO₂, NH₃, H₂S, CH₄, H₂, N₂). Produsele alimentare putrezite au un miros respingător și sunt otrăvitoare.

Foarte sensibil la declanșarea proceselor de putrefacție este peștele, deoarece mucusul care acoperă corpul peștelui fixează cu ușurință microorganismele, constituind un mediu prielnic dezvoltării acestora; de asemenea, bacteriile pot pătrunde cu mai multă ușurință în țesutul muscular al peștelui care este mai puțin dens decât la animalele cu sânge cald și conține mai puțin țesut conjunctiv.

1.2.1.1.3. Mucegăirea

Mucegăirea este fenomenul de *aparitie* și de *dezvoltare a unor colonii de mucegaiuri* care pot avea în funcție de specie culoarea albă, galbenă, verde, cafenie și neagră.

Sub acțiunea mucegaiurilor au loc *reacții de hidroliză* a polizaharidelor (pentru asigurarea nutriției), proteinelor, lipidelor, *reacții de oxidare, fermentații* etc. Prin mucegăire se produc modificări ale proprietăților organoleptice: aspect, miros, gust și textură.

Fenomenele de mucegăire se produc mai ales în cazul alimentelor cu un conținut mare de apă, zahăr și substanțe proteice solubile (mezeluri, brânză, legume, fructe, pâine, ouă etc.), fiind favorizate de umiditatea atmosferică. *Alterarea se produce de obicei pe suprafața alimentelor și doar uneori în toată masa lor.*

1.2.1.1.4. Alterări produse de germeni patogeni și toxinogeni

Alterările alimentelor *cu germeni patogeni* (care produc îmbolnăviri) se datorează: contaminării organismelor vii din care au provenit aceste alimente, contaminării industriale sau contaminării din timpul transportului.

Toxin infecțiile alimentare sunt *intoxicații provocate de toxinele elaborate de unele microorganisme*. Toxinele care sunt eliminate în mediul în care trăiesc bacteriile se numesc *exotoxine*, iar cele care rămân în celula bacteriană poartă numele de *endotoxine*. Cea mai importantă endotoxină este produsă de *Clostridium botulinum* și provoacă *toxin infecția* cunoscută sub denumirea de *botulism*. *Toxinele botulinice sunt mai termostabile decât alte endotoxine*, putând rezista 60 de minute la 80°C, ceea ce ridică probleme deosebite la sterilizarea conservelor. Staniul inhibă dezvoltarea bacteriei *Clostridium botulinum*.

1.2.1.2. Modificări microbiologice

Modificările microbiologice se datorează *dăunătorilor* (insecte cum ar fi molia grâului și rozătoare). Principalele categorii de alimente supuse atacului insectelor sunt grăunțele cerealelor și produsele derivate din acestea, lactatele cum ar fi brânza și laptele praf, fructele uscate, carnea uscată și afumată, nucile etc.

1.2.2. Modificări biochimice

Se produc sub acțiunea oxigenului din aer (*oxigen liber*) sau din produs (*oxigen intramolecular*), și a enzimelor din produs (*enzime endogene*) pe fondul unor factori favorizanți ca temperatura și umiditatea. Cele mai importante procese biochimice degradative din alimente sunt: **respirația** și **îmbrunarea enzimatică**.

a. **Respirația** este un proces de oxidare intracelular, specific produselor în stare hemibiotică (fructe, legume, cereale) prin care se descompun unele substanțe din compoziția alimentelor (glucide, lipide, proteine) cu formare de substanțe simple (monoglucide, glicerină, acizi grași, aminoacizi). Enzimele folosesc oxigenul din aer în cazul *respirației aerobe*, sau oxigenul intramolecular (din hidrați de carbon, acizi etc.) în cazul *respirației anaerobe*. Prin *respirație aerobă* se formează apă, CO₂ și se acumulează căldură, în timp ce *respirația anaerobă* conduce la formarea alcoolului etilic (în cantități mici), CO₂ și a unei cantități mici de energie calorică. În timpul păstrării cerealelor, legumelor și fructelor în stare proaspătă este necesar ca *respirația să fie aerobă și să decurgă cu intensitate minimă*. Dacă procesul aerob este prea intens se consumă o mare parte din substanțele chimice nutritive și produsele se degradează.

b. **Îmbrunarea enzimatică** se produce sub acțiunea enzimelor oxido-reducătoare (peroxidaza, ascorbat oxidaza, fenoloxidaze - polifenoloxidaze și monofenoloxidaze) și a oxigenului atmosferic și are ca efect închiderea culorii în zona pulpei (la mere, pere, gutui, piersici, ciuperci etc.). Peroxidaza catalizează oxidarea polifenolilor și a unor amine aromatice numai în prezența apei oxigenate sau a altor peroxizi organici. Fenoloxidazele oxidează grupele fenolice cu ajutorul oxigenului din aer rezultând în urma reacției chinone și apă oxigenată sau peroxizi. Chinonele formează ulterior polimeri de culoare maro. Dintre monofenoloxidaze cea mai cunoscută este tirozinaza, care acționează asupra tirozinei (α -aminoacid neesențial ce conține o grupare hidroxilică). Cele mai cunoscute polifenoloxidaze sunt catecol oxidaza și lașaza care oxidează orto respectiv para difenolii. Ascorbat oxidaza catalizează oxidarea acidului ascorbic la acid dehidroascorbic, efectul fiind pierderea calității nutriționale.

Alte enzime care afectează stabilitatea produselor alimentare sunt:

Lipoxigenaza catalizează procesul de oxidare a acizilor grași nesaturați, determinând producerea mirosului de rânced. Poligalacturonaza catalizează reacția de hidroliză a legăturilor glicozidice dintre resturile de acid poligalacturonic ale pectinei, conducând la înmuierea țesuturilor. Celulazele catalizează hidroliza legăturilor glicozidice ale celulozei din structura pereților celulelor, cauzând înmuierea țesuturilor. Invertaza catalizează hidroliza zaharozei la glucoză și fructoză.

c. **Încolțirea** este un proces fiziologic care implică unele transformări enzimatice a căror intensitate crește o dată cu ridicarea temperaturii și a umidității relative a aerului. Încolțirea cartofilor duce la creșterea conținutului acestora în *solanină* (este un glucoalcaloid toxic cu efect hemolitic).

d. **Autoliza** reprezintă un proces enzimatic complex care se desfășoară după moartea organismului, când predomină reacțiile de descompunere a substanțelor. Substanțele proteice sunt hidrolizate sub acțiunea enzimelor proteolitice rezultând albumoze, peptone, polipeptide și aminoacizi.

1.2.3. Modificări de natură mecanică

Modificările de natură mecanică sunt determinate de acțiunea factorilor mecanici. **Solicitările mecanice** distrug în primul rând ambalajele ceea ce afectează și produsele alimentare și creează premise favorabile pentru alte fenomene degradative.

1.2.4. Modificări de natură fizică

Modificările de natură fizică sunt determinate de *variația temperaturii și a umidității aerului* din spațiile de păstrare-depozitare. **Fluctuațiile de temperatură** din spațiile de depozitare mobile sau fixe influențează negativ echilibrul dintre umiditatea aerului și umiditatea produselor.

Creșterea temperaturii peste limitele admise prin standarde poate conduce la: uscarea unor produse, modificarea vâscozității, schimbarea stării de agregare a produsului sau a unor constituenți ai acestuia, dilatarea produselor, creșterea presiunii de vapori în recipiente, la accelerarea unor reacții chimice în produse, sau la crearea unor condiții favorabile pentru dezvoltarea unor microorganisme. Prin ridicarea temperaturii se intensifică procesele respiratorii, scurtându-se durata de păstrare a legumelor, fructelor și cereale.

Scăderea temperaturii sub limita admisă prin standarde poate determina schimbarea stării de agregare (înghețarea), destabilizarea emulsiilor, pierderi de greutate prin sublimare etc.

Creșterea umidității aerului peste limitele admise, poate conduce la umezirea produselor higroscopice datorită absorbției umidității din aer. Astfel unele produse ca legumele și fructele uscate, biscuiții, laptele praf, sarea etc. păstrate în depozite cu aer umed se degradează calitativ.

Scăderea umidității relative a aerului determină pierderea apei din produse (valoarea de referință pentru umiditatea relativă a aerului este de 65%).

1.2.5. Modificări de natură chimică

Principalele transformări chimice care se produc în timpul procesării și stocării alimentelor: rânțezirea lipidelor, reacțiile Maillard, degradarea pigmentilor (hemici, clorofilici, antocianici și carotenoidici), denaturarea proteinelor, caramelizarea zaharurilor sunt responsabile de asemenea de *modificările de culoare, gust și miros* ale produselor alimentare.

1.2.5.1. Transformări suferite de lipide

Viteza de *oxidare a lipidelor* este influențată de lumină, concentrația de oxigen, prezența catalizatorilor (în general metale tranziționale precum fierul și cuprul) și de activitatea apei. Controlul acestor factori poate reduce semnificativ gradul de oxidare al lipidelor din alimente. Principalele modificări ale lipidelor cu implicații asupra proprietăților și păstrării produselor alimentare sunt: *rânțezirea, degradarea pirolitică și sicativarea*.

Rânțezirea grăsimilor este un proces complex de oxidare sau de hidroliză prin care se formează produși care imprimă alimentelor gust și miros neplăcut, făcându-le improprii consumului.

Rânțezirea hidrolitică (pe cale chimică în prezența metalelor grele și pe cale biochimică în prezența lipazelor) determină creșterea acidității grăsimilor ca urmare a transformării gliceridelor în acizi grași liberi (acest tip de rânțezire afectează în special produsele lactate; mirosul și gustul neplăcut se datorează punerii în libertate a unor acizi grași cu catenă scurtă, care intră în

compoziția grăsimilor din lapte). *Râncezirea hidrolitică* creează premise favorabile pentru desfășurarea celorlalte tipuri de degradări oxidative. Atât glicerina cât și acizii grași se pot oxida ulterior, formându-se aldehide, cetone și hidroxiacizi cu miros și gust neplăcut.

Râncezirea oxidativă este de două tipuri: **oxidare β** provocată de *enzimele produse de mucegaiuri* (se obțin inițial acizi β -cetonici care ulterior se transformă în cetone prin decarboxilare) și **autooxidare a acizilor grași nesaturați** (cu formare intermediară de peroxizi care pierd un atom de oxigen și se transformă în acizi cu molecule de mărime mijlocie, epoxizi și aldehide urât mirositoare). Cea mai frecventă formă de râncezire este râncezirea survenită prin autooxidarea acizilor grași nesaturați. Acest proces este accelerat de lumină. *Râncezirea* se caracterizează prin modificarea gustului, mirosului sau chiar a culorii grăsimii. Produsele lactate sunt deosebit de sensibile la râncezire ca urmare a oxidării acizilor oleic, linoleic, linolenic cu formarea aldehydelor saturate, nesaturate și a cetonelor. În prezența metalelor hidroperoxizii formează o cetonă oct-1-en-3-ona care este componentul principal al multor arome de rânțed. Acest proces este accelerat de lumină.

Degradarea pirolitică apare datorită *tratării termice* (frigere, rotisare, prăjire) a produselor alimentare care conțin lipide sau a uleiurilor în care se prăjesc produsele alimentare. În urma încălzirii energice au loc modificări senzoriale, fizico-chimice, nutriționale etc. Se formează aldehide saturate și nesaturate, alcooli, acizi, esterii și hidrocarburi cu lanț scurt sau lung. Glicerina rezultată prin scindarea gliceridelor este deshidratată la acroleină.

Sicativarea este proprietatea *grăsimilor lichide* (uleiuri) care întinse în strat subțire în contact cu aerul formează o *peliculă* (linoxina) lucioasă și rezistentă la intemperii. Clasificarea uleiurilor vegetale se face în funcție de indicele de iod: *uleiuri sicative*: ulei de in, tung, cânepă (au indicii de iod > 130); *uleiuri semisicative*: ulei de rapiță, soia, floarea soarelui (au indicii de iod cuprinși între $90 \div 130$); *uleiuri nesicative*: ulei de măsline, ulei de ricin (care au indicii de iod < 90).

Prevenirea proceselor de râncezire a lipidelor se poate realiza prin:

- eliminarea oxigenului din produse și din ambalaj;
- protejarea alimentelor de radiații UV;
- utilizarea antioxidanților;
- prevenirea contaminării cu metale grele.

Pentru a elimina oxigenul din produse și ambalaj se aplică: ambalarea și păstrarea produselor în *atmosferă de gaze inerte* (mai ales în atmosferă de azot), ambalarea și păstrarea produselor în *atmosferă modificată* (formată din două sau trei gaze într-un raport bine determinat). *Materialele de ambalaj folosite trebuie să fie impermeabile față de aer.* Eliminarea oxigenului reduce formarea radicalilor liberi și protejează lipidele de degradări oxidative profunde.

Antioxidanții sunt compuși chimici naturali sau sintetici care *inactivează sau blochează activitatea radicalilor liberi din alimente*. Ei reacționează rapid cu radicalii liberi, formând compuși inerti, care nu participă la reacțiile de oxidare. Pentru a preveni degradarea oxidativă a lipidelor se folosesc *antioxidanți liposolubili naturali* (tocoferoli, β -caroten, esterii ai acidului galic – galatul de octil și galatul de dodecil, derivați ai acidului ascorbic) și *artificiali* (butilhidroxitoluen, butilhidroxianisol).

Prevenirea contaminării cu metale grele (cupru, fier) se realizează prin folosirea utilajelor din oțel inoxidabil și prin legarea metalelor sub formă de complecși insolubili, în special cu acizi

organici (acid citric, malic, tartric) sau cu sarea de sodiu a acidului etilendiaminotetraacetic. Pentru a obține rezultate optime se recomandă combinarea metodelor descrise anterior.

1.2.5.2. Transformări suferite de proteine

Proteinele prezintă patru grade structurale sau niveluri de organizare, care se deosebesc prin complexitatea lor. Acestea au fost numite: *structuri primare, secundare, terțiare și cuaternare*. Pentru ultimele trei dintre ele, în locul termenului de structură ar fi mai corect cel de *conformație*.

Structura primară a unei proteine este determinată de *numărul, tipul și succesiunea specifică a aminoacizilor* din catena polipeptidică.

Structura secundară a unei proteine este determinată de aranjarea în spațiu a catenei polipeptidice. Macromolecula proteică nu este liniară, ci adoptă o *formă regulată, răsucită* (spiralată, α -elice) sau *încrăcită* (pliată), ca urmare a *legăturilor de hidrogen intramoleculare care se stabilesc între grupele amidice (peptidice) -NH..... O=C* aparținând aceleași catene.

Structurile terțiare sunt determinate de *modul de legare a lanțurilor polipeptidice între ele* ca efect a interacțiunilor exercitate între resturile de aminoacizi din *catene polipeptidice vecine*. La realizarea acestui nivel de organizare structurală pot contribui patru tipuri de interacțiuni: *legături van der Waals* (forțe de dispersie London între radicalii alchil R, forțe de orientare Keesom ca urmare a atracției electrostatice dintre ionii -COO^- și -NH_3^+ aparținând unor macromolecule proteice vecine), *legături covalente S-S* și *legături de hidrogen intermoleculare*.

Structurile cuaternare reprezintă nivelul de organizare cel mai înalt rezultat prin *asocierea mai multor structuri terțiare*. Forțele de atracție sunt *aceleași ca în structurile terțiare*.

Principalele modificări ale proteinelor cu implicații asupra proprietăților și păstrării produselor alimentare sunt:

- **salifierea proteinelor** (*precipitare reversibilă*) are loc în prezența soluțiilor concentrate ale unor electroliți tari (săruri ale metalelor alcaline sau alcalino-pământoase). Procesul constă în deshidratarea parțială a proteinelor, datorită competiției pentru moleculele de apă dintre ionii electroliților folosiți la precipitare și grupele polare sau ionice ale proteinelor. *Macromoleculele proteice deshidratate parțial, se aglomerează și precipită*. Proteinele salifiate nu-și pierd activitatea biologică. Fiecare proteină are propria sa *zonă de salifiere*, adică domeniul de concentrație ce permite deshidratarea și precipitarea sa.

- **denaturarea proteinelor** se produce sub acțiunea unor *factori fizici* (temperatură ridicată, radiații, ultrasunete) sau *chimici* (acizi, baze, metale grele: Zn, Hg, Cu, Ba etc., solvenți miscibili cu apa: alcool, acetonă) și constă în modificarea unor legături intramoleculare sau intermoleculare. Sub acțiunea acestor factori are loc distrugerea legăturilor ionice, de hidrogen și S-S, iar la încetarea acțiunii lor, proteinele nu mai revin la forma inițială (deoarece structura spațială a proteinelor - secundară, terțiară, cuaternară - suferă o depliere, o dezorganizare). La proteinele cu activitate fiziologică specifică, cum sunt *enzimele*, *denaturarea este însoțită de dispariția activității fiziologice*.

- **hidroliza proteinelor**. Reacțiile de hidroliză conduc la transformarea structurii primare a proteinelor. În urma scindării legăturilor peptidice macromoleculele proteice se descompun cu formarea polipeptidelor, peptidelor și a aminoacizilor liberi:

proteine $\rightarrow$ polipeptide $\rightarrow$ peptide $\rightarrow$ aminoacizi

Hidroliza proteinelor poate avea loc în timpul procesului tehnologic sau în timpul depozitării produselor finite.

Brunificarea neenzimatică

Principalele reacții de *îmbrunare neenzimatică* sunt:

- formarea melanoidinelor ca urmare a reacțiilor de tip Maillard dintre compușii aminici și zaharuri;
- oxidarea polifenolilor incolori cu formarea chinonelor care prin polimerizare formează compuși bruni;
- caramelizarea zaharurilor;
- oxidarea acidului ascorbic la acid dehidroascorbic.

Reacția Maillard are loc între grupările aminice libere ale aminoacizilor, peptidelor sau proteinelor și gruparea carbonil a glucidelor. Se desfășoară după un mecanism care are loc în mai multe etape:

- condensarea zaharurilor cu aminoacizii;
- transpoziția produșilor de condensare;
- formarea unor derivați de piran, furan și pirol ca urmare a unor procese de scindare și degradare;
- polimerizarea acestor intermediari cu formarea melanoidinelor, pigmenți de culoare brună.

Prevenirea reacțiilor Maillard se poate realiza prin mai multe metode în funcție de tipul produsului și de tehnologia fabricării:

- efectuarea tratamentului termic la temperaturi scăzute (+45 ... +55°C);
- folosirea unei cantități mai mici de zaharoză în compoziția produselor zaharoase;
- efectuarea tratamentului termic al alimentelor astfel încât activitatea apei să varieze în limitele $a_w = 0,9 \div 1$;
- păstrarea produselor concentrate (sucuri concentrate, lapte concentrat, paste de fructe și de legume) la temperaturi scăzute +5 ... +15°C;
- blocarea activității grupării carbonil ($= CO$) a zaharurilor reducătoare (prin utilizarea sulfiților) sau a grupei amino libere ($-NH_2$) a proteinelor și aminoacizilor.

1.2.5.3. Modificări ale glucidelor

Glucidele cu moleculă mică (hexoze, diglucide) prezintă o serie de proprietăți care influențează calitatea și păstrarea produselor alimentare:

- *fermentescibilitatea*: capacitatea unor glucide cu moleculă mică ca sub acțiunea unor microorganisme să fie transformate în alte substanțe: alcool etilic, acid lactic, acid citric etc;
- *higroscopicitatea*: determină aviditatea față de vaporii de apă din atmosferă a unor produse alimentare. Cea mai higroscopică dintre glucide este fructoza, urmează apoi în ordine descrescătoare zahărul invertit, glucoza, iar cea mai stabilă la acțiunea vaporilor de apă atmosferici este zaharoza;
- *caramelizarea*: procesul de transformare a zaharurilor într-o masă amorfă de culoare galben – cafenie, sub acțiunea temperaturii ridicate ca urmare a unor procese complexe de enolizare, deshidratare, ciclizare și policondensare. Procesul este catalizat de acizi sau săruri.

1.2.5.4. Transformări suferite de coloranți

Majoritatea coloranților prezenți în produsele alimentare prezintă sensibilitate față de oxigen și din această cauză pot apărea denaturări profunde ale culorii.

Carotenoizii (alfa și beta carotenul, luteina, licopenul, zeaxantina etc.), datorită gradului mare de nesaturare, se oxidează ușor la legătura dublă 5,6 a ciclului formând 5,6 epoxizi. Aceștia pot suferi izomerizări cu formarea 5,8 epoxizilor sau a furanooxidului. Procesul de oxidare a carotenoizilor este cuplat cu oxidarea acizilor grași nesaturați, fiind catalizat de porfirine și metale grele. Ca urmare se înregistrează degradări de culoare, de gust și reducerea valorii nutritive.

Polifenolii incolori, în special catehinele, formează prin oxidare chinone care polimerizează, transformându-se în compuși bruni. Labilitatea catehinelor este influențată de valoarea pH-ului.

Coloranții hemici care dau culoarea cărnii se oxidează cu modificări importante ale culorii. În stare redusă pigmentul muscular (*mioglobina*) conține fier divalent și are o culoare roșie închisă. Combinarea cu oxigenul are drept rezultat formarea *oximioglobinei*, de culoare roșie deschisă în care fierul este tot bivalent. Reacția este reversibilă. O oxidare mai avansată determină trecerea fierului bivalent în fier trivalent, cu formare de *metmioglobină*, de culoare cenușie-brună.

Schimbarea culorii verzi a legumelor într-o nuanță cenușie datorită trecerii *clorofilei* în *feofitină* (ca urmare a înlocuirii ionului de magneziu Mg^{2+} din structura clorofilei cu doi ioni de hidrogen $2 H^+$).

Palidarea culorii la fructele de culoare roșie datorită oxidării *antocianilor* (procesul de oxidare este favorizat de prezența metalelor grele).

2. PROCEDEE DE CONSERVARE FOLOSITE ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ

Numeroase materii prime și produse alimentare se alterează ușor reducându-se astfel considerabil durata lor de păstrare. În plus unele alimente cu rol important în nutriția umană sunt disponibile numai pentru o anumită perioadă a anului. Pentru a crește stabilitatea alimentelor se aplică diverse tehnici de conservare. *Scopul acestora este de a inhiba sau de a distruge enzimele și microorganismele care se găsesc în produsele alimentare.* Conservarea reprezintă o condiție fundamentală a stocajului de produse alimentare.

O clasificare a metodelor de conservare este dificil de realizat deoarece la baza acestora stau fenomene complexe (fizice, fizico-chimice, chimice și biochimice) care se exercită de cele mai multe ori concomitent sau succesiv.

Principalele criterii după care se clasifică procedeele de conservare sunt (1) *natura proceselor* care stau la baza împiedicării alterării alimentelor și (2) *principiile biologice* prin care se realizează conservarea.

(1) În funcție de natura proceselor care stau la baza împiedicării alterării metodele de conservare a alimentelor pot fi:

- *fizice*: refrigerarea, congelarea, pasteurizarea, tindalizarea, sterilizarea, concentrarea, uscarea, filtrarea sterilizantă, conservarea cu radiații ionizante (γ și β), cu radiații ultraviolete, cu radiații infraroșii, cu microunde, cu ultrasunete sau cu ajutorul presiunilor înalte;

- *chimice*: afumarea, conservarea cu ajutorul substanțelor antiseptice, conservarea prin acidificare artificială (marinarea), păstrarea unor alimente în gaze inerte, conservarea sucurilor de fructe cu bioxid de carbon;

- *fizico-chimice*: sărarea și conservarea cu ajutorul zahărului;

- *biochimice*: fermentația lactică (acidificarea naturală) și fermentația alcoolică.

(2) Principiile biologice care stau la baza metodelor de conservare sunt: *bioza*, *anabioza*, *cenoanabioza* și *abioza*.

➤ **Bioza** (principiul vieții) stă la baza păstrării în stare proaspătă a produselor alimentare și constă în capacitatea acestora de a contracara acțiunea dăunătoare a agenților biologici, datorită imunității lor naturale. În funcție de *intensitatea metabolismului*, bioza poate fi:

- **eubioza** reprezintă păstrarea în stare vie a organismelor cu *intensitate metabolică normală* (pești, crustacee, moluște vii etc.). Pentru eliminarea sau reducerea pierderilor în timpul desfășurării activităților comerciale, mărfurilor vii trebuie să li se asigure condiții optime de viață: apă, hrană, aer și temperatură. Prin *eubioză* se realizează o păstrare de scurtă durată a organismelor vii, dar ea nu constituie un procedeu de conservare propriu-zis;

- **hemibioza** se referă la păstrarea produselor cu *intensitate metabolică scăzută* care au fost detașate de organismul matern (boabe de cereale sau leguminoase, legume și fructe proaspete, ouă etc.). La aceste produse procesele vitale (de exemplu metabolismul, respirația) continuă într-un ritm încetinit. Procesele de alterare a produselor care se păstrează pe principii hemibiotice pot fi oprite sau încetinite, dacă se asigură valori optime pentru temperatura, umiditatea relativă și viteza de circulație a aerului.

Procedeele de conservare biotice prin care produsele alimentare sunt menținute la intensitate metabolică scăzută sunt:

- refrigerarea simplă;
- refrigerarea în atmosferă controlată;
- refrigerarea sub vid.

➤ **Anabioza** (principiul biologic al vieții latente a microorganismelor care produc alterarea alimentelor; anabiosis = înviere) constă în *încetinirea metabolismului celular sau chiar în întreruperea funcțiilor vitale* a microorganismelor *prin realizarea unor condiții neprielnice de viață* în produsul alimentar (deshidratare, creșterea presiunii osmotice, realizarea unor temperaturi scăzute). Microorganisme care produc alterările nu sunt distruse (sunt menținute în stare latentă), ele fiind doar împiedicate să acționeze. Microorganisme redevin active după o perioadă de moarte aparentă (de viață latentă). Biodegradarea poate fi reluată când acțiunea procedeelor anabiotice încetează, fără a fi necesară o nouă contaminare. Anabioza se poate realiza prin mijloace *fizice* – **fizioanabioza** sau *chimice* – **chimioanabioza**.

○ **Fizioanabioza** este aplicată în următoarele procedee de conservare:

- *psihroanabioza* sau refrigerarea produselor alimentare (de regulă la temperaturi cuprinse între -1°C / 0°C ÷ 6°C);
- *crioanabioza* sau congelarea (la temperaturi cuprinse între -22°C și -12°C , valoarea optimă de păstrare -18°C);
- *xeroanabioza* - deshidratarea sau uscarea (până la un conținut de umiditate reprezentând $4 \div$

25% din masa totală a produsului, în funcție de natura acestuia, prin eliminarea apei libere și a unei părți din apa legată);

- *osmoanabioza* - sărarea (*haloosmoanabioza*) – concentrația sării 10-15% din masa produsului, conservarea cu zahăr (*saccharoosmo- anabioza*) – peste 60% zahăr în produsul finit.
 - **Chimioanabioza** stă la baza următoarelor tehnici de conservare:
- *acidoanabioza* - conservarea cu ajutorul acidului acetic (circa 2% pentru produsele vegetale și până la 4% pentru cele animale);
- *anoxianabioza* - conservarea alimentelor în atmosferă inertă de CO₂ sau N₂;
- *narcoanabioza* - conservarea sucurilor de fructe cu CO₂ (saturație în masa lichidului și crearea unui strat de CO₂ la suprafață);

➤ **Cenoanabioza** (koinos = comun) - presupune crearea în produsele alimentare a unor condiții favorabile pentru dezvoltarea unor microorganisme, care prin activitatea lor vitală produc anumite *substanțe* (denumite *bacteriocine*) care împiedică dezvoltarea microorganismelor care pot altera alimentele. Conservarea produselor alimentare prin cenoanabioză se datorează produselor rezultate prin fermentațiile dirijate. Procedeele cenoanabiotice sunt:

- *acidocenoanabioza* - conservarea prin fermentație lactică (acidificarea naturală);
- *alcoolcenoanabioza* - conservarea prin fermentație alcoolică.

Microorganismele alterării sunt doar inhibitate, nu și distruse de alcool sau de acidul lactic. Produsele conservate prin procedee cenoanabiotice au o durată de conservare limitată (atât timp cât se mențin concentrațiile utile de acid lactic sau de alcool).

➤ **Abioza** (lipsa de viață) constă în *distrugerea sau înlăturarea completă a microorganismelor* din produsul alimentar. Procedeele abiotice sunt procedee fungicide și bactericide (care omoară ciupercile microscopice și bacteriile). În funcție de tipul factorilor care acționează ele se grupează în:

- procedee fizice - **fizioabioza**;
- procedee chimice - **chimioabioza**;
- procedee mecanice – **mecanoabioza**;
- procedee biotehnologice.

Principalele procedee **fizioabiotice** sunt:

- *termoabioza* - conservarea produselor alimentare cu ajutorul căldurii: *pasteurizarea* (sub 100°C), *tindalizarea* (pasteurizare repetată), *termosterilizarea* (100°C ÷ 120°C) prin tehnici clasice și moderne (microunde, radiații IR, încălzire ohmică, încălzire indirectă cu efect Joule) și *prăjirea în ulei* (170°C ÷ 180°C);

- *atermoabioza* - conservarea produselor alimentare cu ajutorul presiunilor ridicate, cu ajutorul câmpului magnetic, cu ajutorul câmpului electric pulsatoriu și a impulsurilor ultrascurte de lumină;

- *radioabioza* - conservarea produselor alimentare cu ajutorul radiațiilor gama (unde electromagnetice de frecvențe foarte mari) și a electronilor accelerați (radiații beta -), cu radiații UV;

Pe principiul **chimioabiozei** se explică conservarea produselor alimentare cu ajutorul substanțelor antiseptice cu acțiune fungicidă și bactericidă – *antiseptabioza*.

Metodele de conservare **mecanoabiotice** sunt:

- *sestoabioza* - îndepărtarea microorganismelor prin filtrare sterilizantă (microfiltrarea și

ultrafiltrarea);

- *aseptoabioza* – crearea și menținerea de spații aseptice în care sunt păstrate produsele (ambalaje, spații de depozitare).

Prin *procedee biotehnologice* se realizează un mediu antiseptic, fungicid și bactericid cu ajutorul unor microorganisme sau a enzimelor secretate de acestea.

În cele mai multe cazuri se obțin rezultate mai sigure prin combinarea procedeelor de păstrare și conservare.

CONSERVAREA PRODUSELOR ALIMENTARE PRIN FRIG

1. Considerații generale

Conservarea prin frig (bazată pe principiul *fizioanabiozei*) asigură prelungirea duratei de păstrare a produselor alimentare prin *reducerea vitezei proceselor fizice, chimice și biochimice* sau *stoparea* acestora și prin *oprirea dezvoltării microorganismelor* care au contaminat produsul. Procedeele de conservare prin frig sunt:

- *psihroanabioza* (refrigerarea și conservarea în stare refrigerată);
- *crioanabioza* (congelarea și depozitarea în stare congelată);
- *criodesicarea* (liofilizarea).

Aproape 50% din produsele alimentare sunt conservate prin menținere la temperaturi scăzute.

2. Bazele conservării la temperaturi scăzute

2.1. Influența temperaturilor scăzute asupra microorganismelor

Rezistența microorganismelor la acțiunea temperaturilor scăzute variază în funcție de specie, temperatură, viteza de răcire și gradul de adaptare al microorganismelor. În funcție de domeniul de temperatură în care se dezvoltă, microorganismele pot fi clasificate în: *psihrofile*, *psihrotrofe*, *mezofile* și *termofile* (tabelul 1).

Tabelul 1. Clasificarea microorganismelor după domeniul de temperatură în care se dezvoltă

Tipul	Temperatura, °C		
	$t_{\min}$	t_{optim}	$t_{\max}$
Psihrofile	-10 ... 5	15 ... 20	25 ... 30
Psihrotrofe	5 ... 10	20 ... 30	35 ... 40
Mezofile	10 ... 15	30 ... 40	40 ... 45
Termofile	45	50 ... 65	75 ... 80

Fiecare specie de microorganisme se caracterizează printr-o *temperatură minimă de dezvoltare*, o *temperatură optimă de dezvoltare* și o *temperatură maximă de dezvoltare*.

La temperaturi mai mici decât *temperatura minimă de dezvoltare* $t_{\min}$, microorganismele nu se mai pot multiplica, dar pot să trăiască în *stare de latență* cu un metabolism redus (stare numită *hipobioză*). Modificările provocate asupra alimentului în perioada de hipobioză sunt neînsemnate. Dacă temperatura crește peste valoarea minimă, microorganismele care nu au fost distruse prin frig pot reîncepe să se dezvolte și să-și desfășoare procesele metabolice normale.

t_{optim} reprezintă temperatura optimă de înmulțire și dezvoltare, iar t_{maxim} este valoarea limită peste care ridicarea temperaturii are un efect letal.

După rezistența la temperaturi scăzute, microorganismele pot fi clasificate în:

- *sensibile la frig*: drojdii, mucegaiuri, bacterii gram-negative (de exemplu *Pseudomonas Coliformi*, *Achromobacter*, *Salmonella*);
- *rezistente*: Staphylococi, Micrococi;
- *foarte rezistente*: sporii bacililor și clostridiilor.

Gradul de distrugere a microorganismelor la temperaturi scăzute depinde de: valoarea temperaturii, durata de acțiune a temperaturii, pH-ul produsului alimentar, prezența *substanțelor cu acțiune protectoare pentru microorganisme* (proteine, lipide) și prezența *substanțelor cu acțiune nocivă* (NaCl, acizi organici). La congelare scăderea temperaturii acționează sinergic cu coeficientul de activitate al apei a cărui valoare se modifică, ca urmare a congelării unei părți din apă. Corelând temperatura produsului cu coeficientul de activitate al apei (cunoscând proporția de apă ce trece în faza solidă la diferite temperaturi) se poate aprecia riscul biologic pentru diferite produse alimentare. Temperaturile scăzute și coeficientul de activitate redus pot determina distrugerea microorganismelor în proporție de $10 \div 60\%$. La decongelare însă, multiplicarea microorganismelor este foarte rapidă, mai ales atunci când produsele au structura deteriorată.

Acțiunea distructivă a frigului asupra microorganismelor poate fi explicată prin:

- *inactivarea enzimelor din celule* (metabolismul nu se mai poate desfășura normal, procesul de oxidare este împiedicat și are loc o acumulare de produși toxici care în final determină distrugerea celulei microbiene);
- *distrugerea celulelor microbiene* atât prin șocul termic datorat variației bruște de temperatură cât și prin acțiunea mecanică a cristalelor de gheață formate în timpul congelării;
- *scăderea conținutului de apă* datorită înghețării ceea ce cauzează modificarea generală a stării coloidale a proteinelor din protoplasma celulară;
- *pierderea O_2 citoplasmatic* având ca efect suprimarea proceselor respiratorii la microorganismele aerobe;
- *scăderea pH-ului și creșterea presiunii osmotice* ca urmare a concentrării substanțelor hidrosolubile în apa rămasă neînghețată.

Numărul de microorganisme care își pierde viabilitatea în această stare diferă de la o tulpină la alta și depinde de tipul de congelare folosit, natura și compoziția alimentului, durata depozitării, temperatura de păstrare și de alți factori. Efectul temperaturii scăzute este în cele mai multe cazuri, numai *bacteriostatic*, efectul *bactericid* afectând doar unele microorganisme. Scăderea numărului de microorganisme se produce în special la temperaturi situate exact sub punctul de congelare ($-5^{\circ}\text{C} \dots -1^{\circ}\text{C}$), când cristalizează $60 \div 70\%$ din cantitatea totală de apă. Temperaturile de congelare și depozitare ($-23^{\circ}\text{C} \dots -18^{\circ}\text{C}$) sunt mai puțin dăunătoare pentru microorganisme decât temperaturile medii de congelare ($-12^{\circ}\text{C} \dots -10^{\circ}\text{C}$). În majoritatea cazurilor *sporii microorganismelor nu sunt distruși* nici la temperaturi foarte scăzute.

Congelarea rapidă, care păstrează mai bine integritatea țesuturilor produselor alimentare *nu este atât de bactericidă* ca și *congelarea lentă*. *Decongelarea rapidă* are efecte mai distrugătoare asupra microorganismelor decât *decongelarea lentă*.

2.2. Influența temperaturilor scăzute asupra proceselor biochimice

Procesele biochimice se desfășoară în produsele alimentare chiar la temperaturi scăzute. Astfel, în produsele de origine vegetală, procesele respiratorii continuă chiar la temperaturi de -8°C . Sensibilitatea la temperatură a diferitelor enzime este, însă, diferită. Rezistență mare la scăderea temperaturii prezintă *enzimele hidrolitice* (invertazele, lipazele, pectinazele) și cele *oxidoreducătoare* (catalazele și peroxidazele). De exemplu, unele lipaze sunt active și la temperaturi de -29°C ceea ce cauzează apariția unor procese degradative chiar și în produsele congelate la temperaturi scăzute.

3. REFRIGERAREA PRODUSELOR ALIMENTARE

Refrigerarea constă în răcirea produsului până la temperaturi superioare punctului crioscopic, situate în general între 0 și 4°C . Refrigerarea implică un transfer de căldură și de masă (de umiditate) de la produsul alimentar cu temperatură mai ridicată la mediul de răcire cu temperatură mai scăzută.

Refrigerarea este mai mult un mijloc de păstrare decât de conservare. Ea este larg utilizată pentru păstrarea laptelui, cărnii și peștelui în stare proaspătă pentru o perioadă scurtă de timp, precum și pentru păstrarea pe o durată mai mare de timp a legumelor și fructelor, ouălor etc. Prin folosirea temperaturilor scăzute *se reduc la minim procesele biochimice și microbiologice*. Pentru a nu se provoca pierderi însemnate de apă în produs, este necesar ca umiditatea relativă a aerului să se mențină la un nivel corespunzător. Temperatura de refrigerare variază în funcție de natura produsului: legume $0 \dots +1^{\circ}\text{C}$, fructe (cu excepția citricelor și bananelor) $-1 \dots +1^{\circ}\text{C}$, citrice $+2 \dots +7^{\circ}\text{C}$, banane $+12 \dots +14^{\circ}\text{C}$, produse lactate $+2 \dots +8^{\circ}\text{C}$, carne $-1 \dots 0^{\circ}\text{C}$, preparate din carne $0 \dots +4^{\circ}\text{C}$. Mediul de răcire trebuie să aibă temperaturi cu $3 \dots 5^{\circ}\text{C}$ mai coborâte decât temperatura finală a produselor.

3.1. Metode de refrigerare

Refrigerarea se poate realiza prin mai multe metode, agenții de răcire și modalitatea de refrigerare alegându-se în funcție de natura și destinația produselor, de durata de depozitare și de gradul de încărcare microbiologică. În funcție de natura mediului de răcire se disting următoarele metode de refrigerare:

- refrigerare cu aer răcit în schimbătoare de căldură;
- refrigerare prin contact cu apă, apă de mare, soluții de NaCl, etc;
- refrigerare prin contact cu gheață;
- refrigerare în schimbătoare de căldură;
- refrigerare sub vid.

În general se recomandă o refrigerare cât mai rapidă deoarece frânează dezvoltarea microorganismelor, reduce pierderile în greutate și permite o utilizare mai intensă a instalațiilor de răcire. Procesul de refrigerare este nestăionar (viteza de răcire variază de la un punct la altul și în timp) și se consideră încheiat când temperatura medie a produsului supus răcirii a ajuns la valoarea dorită.

El poate fi descris prin următorii parametri:

- *Viteza de răcire globală* - reprezintă raportul dintre scăderea temperaturii medii a produsului și durata procesului de refrigerare;
- *Intensitatea de răcire (timpul de înjumătățire)* – intervalul de timp în care diferența dintre temperatura medie a produsului și temperatura mediului de răcire este redusă la jumătate.

3.1.1. Refrigerarea cu aer rece

Refrigerarea cu aer răcit în schimbătoare de căldură este cea mai utilizată metodă de răcire deoarece se poate aplica în cazul majorității produselor alimentare. Indiferent de natura și de caracteristicile produselor supuse răcirii și de sistemul constructiv utilizat, un spațiu de răcire cu aer cuprinde în principiu următoarele elemente:

- o incintă izolată termic;
- produsele alimentare supuse răcirii;
- rastele, stelaje, containere etc. pentru susținerea alimentelor;
- schimbătorul de căldură în care este răcit aerul (vaporizatorul instalației frigorifice aferente, răcitorul de aer cu agent intermediar ș.a.);
- un circuit pentru transportul aerului pe traseul: răcitor – produse – răcitor.

Spațiile tehnologice în care se realizează refrigerarea pot fi împărțite convențional în *tunele de refrigerare* și *camere de refrigerare*.

Tunelele de refrigerare sunt spații care au, în general, lungimea de 3 ... 5 ori mai mare decât lățimea. Lățimile uzuale sunt de 3 sau 6 m, iar înălțimile de 3,6...4,8 m. Viteza aerului în tunelele de refrigerare încărcate cu produse are valori cuprinse între 1 m/s și 2 m/s, putând ajunge și la valori mai mari în cazul tunelelor de refrigerare rapidă. În funcție de direcția predominantă de deplasare a aerului (care se adoptă funcție de natura produselor răcite), tunelele de refrigerare pot fi: cu *circulație predominant longitudinală*, *predominant transversală* sau *predominant verticală*, pentru vehicularea aerului folosindu-se ventilatoare. Aerul din tunel este aspirat de un ventilator, trecut peste răcitor și apoi refulat în tunel.

Tunelele de refrigerare cu circulație verticală a aerului se folosesc în special la răcirea cărnii în carcase. Sunt prevăzute cu un tavan fals cu fante. În spațiul dintre planșeu și tavanul fals se realizează o cameră de presiune constantă care permite o distribuție uniformă a aerului la nivelul carcaselor.

Camerele de refrigerare sunt spații în care răcirea este mai lentă decât în cazul tunelelor de refrigerare datorită vitezelor mai mici de circulație ale aerului. Debitele ventilatoarelor sunt determinate de viteza de răcire dorită, de natura și dimensiunile produselor, de sistemul de distribuție al aerului ș.a. Viteza aerului este mai mare de 0,3 m/s, ceea ce corespunde în general la 50 ... 100 recirculări orare (numărul de recirculări se definește prin raportul dintre volumul de aer vehiculat de ventilatoare timp de o oră și volumul spațiului de răcire). Distribuția aerului în cameră se realizează fie prin aspirație și refulare directă (în acest caz se utilizează răcitoare de aer montate pe perete, pe tavan sau pardosea), fie printr-un sistem de canale de aspirație și refulare prevăzute cu fante și orificii. La trecerea prin răcitor temperatura și umiditatea absolută a aerului scad, în timp ce la trecerea peste produse aerul se încălzește și își mărește conținutul de umiditate. Pentru recuperarea apei provenite din condensarea vaporilor pe elementele de răcire, sub răcitoare se montează tăvi. Produsele trebuie așezate în camerele (tunelele) de refrigerare în așa fel încât să

se asigure o circulație ușoară a aerului. În timpul refrigerării umiditatea aerului trebuie să fie cât mai ridicată, pentru a se reduce la minim pierderile în greutate prin evaporare.

Procesul de refrigerare se poate realiza:

- *în mod discontinuu* (în șarje): în acest caz spațiul de răcire este încărcat cu produsele calde care rămân în poziție fixă până la terminarea procesului de refrigerare;
- *în mod continuu*: în acest caz în spațiul de răcire sunt introduse continuu produsele calde care parcurg spațiul răcit (perioada de timp în care sunt refrigerate) și tot în mod continuu sunt evacuate produsele deja refrigerate;
- *în mod semicontinuu*: la anumite intervale de timp sunt introduse în spațiul răcit produse calde și concomitent sunt evacuate produsele deja refrigerate.

Principalii parametri ai aerului utilizat într-un proces de refrigerare sunt *temperatura, umiditatea relativă și viteza* la nivelul produselor.

În cazul sistemelor discontinue și semicontinue *temperatura aerului de răcire* variază pe parcursul întregului proces, având valori mai ridicate la începutul procesului și atingând în final valori cu 4°C 10°C mai scăzute decât temperatura produselor refrigerate.

În cazul sistemelor continue de refrigerare temperatura aerului este aproximativ constantă pe toată durata răcirii și este mult mai mică decât în cazul sistemelor discontinue.

După viteza de desfășurare a procesului refrigerarea cu aer poate fi:

- refrigerare lentă;
- refrigerare rapidă (cea mai recomandată și cea mai des utilizată);
- refrigerare șoc.

Refrigerarea lentă durează circa de 30 ore, iar pierderile în greutate sunt mari. Metoda asigură o bună maturare, însă este neeconomică.

Refrigerarea rapidă constă în scăderea temperaturii într-un interval scurt de timp, datorită diferenței mari dintre temperatura produsului și temperatura mediului de răcire. Prin acest procedeu se evită pierderile de masă prin deshidratare și se mărește conservabilitatea produsului deoarece este împiedicată dezvoltarea microorganismelor. Refrigerarea rapidă se poate realiza *într-o singură fază* (produsul se supune unui singur regim de răcire, valorile parametrilor aerului - temperatură și viteză - rămânând neschimbate) sau *în două faze* (constă în aplicarea succesivă a două regimuri diferite de răcire în scopul micșorării pierderilor de masă).

La *refrigerarea șoc* se folosește aer cu temperaturi foarte scăzute (-25°C ÷ -20°C) pentru a se asigura o viteză mare de răcire.

3.1.2. Refrigerarea în apă glacială („hidrocooling”)

Refrigerarea prin contact direct cu apă glacială se folosește în cazul unor produse de origine vegetală, la păsări și la pește. Refrigerarea cu apă răcită se realizează prin *imersia* produselor în apă răcită, prin *stropirea* lor cu apă răcită sau printr-un *procedeu mixt* (imersie + stropire), folosindu-se aparate cu funcționare continuă sau discontinuă. Apa folosită nu trebuie să conțină impurități și/sau microorganisme. Apa este răcită cu ajutorul unei instalații frigorifice sau cu gheață până la 0,5°C ... 2°C. Pentru refrigerarea peștelui se poate folosi apa de mare filtrată, care datorită conținutului mare de săruri are un punct de congelare mai scăzut (astfel este posibilă

răcirea ei până la -2°C). În apa de răcire se mai adaugă și substanțe dezinfectante, iar dacă procedeul de răcire este prin imersie, apa trebuie înprospătată periodic.

Avantajele acestei metode de refrigerare sunt:

- produsele se răcesc mai rapid (coeficientul de conductivitate termică al apei este mult mai mare decât coeficientul de conductivitate termică al aerului);
- pentru realizarea răcirii cu apă glacială este necesar un spațiu mai redus;
- se evită pierderile în greutate prin evaporare, prevenindu-se fenomenul de veștejire la unele legume.

Dezavantajul acestei metode este legat de riscul contaminării produselor cu microorganisme, risc care poate fi diminuat prin adăugarea de substanțe antiseptice în apa glacială.

3.1.3. Refrigerarea prin contact cu soluție de clorură de sodiu

În cazul refrigerării prin contact direct cu soluție de clorură de sodiu este obligatoriu ca produsele să fie ambalate în folii impermeabile. Soluțiile de clorură de sodiu au coeficienți de transfer termic mai mici decât apa însă se obțin gradienti de transfer termic mai mari (deoarece diferența medie de temperatură dintre agentul termic și produsul alimentar este mai mare).

3.1.4. Refrigerarea cu gheață

Refrigerarea prin contact direct cu gheață se folosește la produsele care necesită o răcire rapidă și menținerea în stare umedă a suprafeței lor un timp mai îndelungat: pește (în special), păsări, unele legume și fructe (pepene galben, morcovi, varză). Gheața se folosește zdrobită sub formă de cuburi, solzi sau cilindri. Produsele supuse refrigerării sunt de obicei preambalate în lăzi în care se adaugă gheața mărunțită (efectul de răcire se bazează pe preluarea de la produse a unei călduri echivalente căldurii latente de topire a gheții). Viteza de refrigerare este cu atât mai mare cu cât dimensiunile bucăților de gheață sunt mai mici (deoarece suprafața de contact dintre gheață și produs este mai mare). Lăzile cu produse și gheață sunt păstrate în spații răcite și sunt așezate astfel încât să permită scurgerea și evacuarea apei provenite de la topirea gheții.

3.1.5. Refrigerarea sub vid

Refrigerarea sub vid se aplică la legume (spanac, salată, varza de Bruxelles, andive, mazăre verde, ardei gras, castraveți, ciuperci), carne tranșată în bucăți mici și la produsele de panificație (cornuri, chifle).

Refrigerarea sub vid se poate realiza *cu umectarea prealabilă a produselor* (hidro-vacuum - cooling) sau *fără umectarea prealabilă* a acestora (vacuum-cooling).

Procesul se bazează pe efectul de răcire rezultat prin evaporarea în vid a unei părți din apa pe care o conține produsul și decurge în trei etape:

- introducerea produsului în camera de vid și realizarea vidului ($6,56 \div 7,56$ mbar) corespunzător temperaturii de $1 \div 2^{\circ}\text{C}$ în aproximativ 20 de minute;
- menținerea acestor parametri aproximativ 5 minute;
- evacuarea produsului și restabilirea presiunii atmosferice în camera de refrigerare.

Refrigerarea sub vid se realizează în aparate prevăzute cu sisteme pentru reglarea presiunii, temperaturii și condensarea vaporilor de apă.

Răcirea rapidă sub vid determină:

- încetinirea vitezei reacțiilor biochimice datorită inhibării enzimelor;
- diminuarea respirației și încetinirea proceselor de maturare din fructe;
- menținerea culorii, consistenței, texturii și aromei;
- menținerea turgescenței (umflarea țesuturilor datorită acumulării de lichide) ca urmare a diminuării pierderilor prin transpirație;
- menținerea valorii nutritive prin diminuarea oxidării vitaminelor și glucidelor.

3.1.6. Refrigerarea în schimbătoare de căldură

În schimbătoarele de căldură transferul termic se realizează indirect, *prin intermediul unei suprafețe metalice* (de o parte a peretelui despărțitor circulă produsul alimentar care trebuie răcit, iar de cealaltă parte circulă un agent de răcire: *agent frigorific* sau *agent intermediar*). Se preferă agenții de răcire care, în cazul unor scăpări datorită neetanșeităților nu afectează calitatea produsului: apă, soluții alcoolice, soluții saline etc.

Aparatele folosite pot fi:

- cu funcționare *discontinuuă*: autoclave cu manta de răcire și agitator, autoclave cu serpentina imersată;
- cu funcționare *continuuă*: schimbătoare de căldură tip „țeavă în țeavă”, schimbătoare de căldură multitubulare cu manta, schimbătoare de căldură cu plăci etc.

Procedeele se aplică la majoritatea produselor alimentare lichide sau sub formă de pastă: lapte, smântână, sucuri de fructe, bere, vin.

3.1.7. Răcirea prin radiație

Când temperatura produsului este mai mare decât temperatura corpurilor din jur sau atunci când temperatura produsului este mai mare decât temperatura mediului ambiant produsul pierde căldură și prin radiație. Cantitatea de căldură transmisă este redusă. Intervine la produsele răcite direct în depozit.

3.2. Modificări ale produselor alimentare la refrigerare

În timpul refrigerării produsele alimentare suferă anumite degradări ireversibile de natură mecanică, fizică, chimică, biochimică sau microbiologică.

3.2.1. Modificări mecanice: Degradarea mecanică se manifestă prin lovituri, striviri, tăieturi și poate avea loc la recoltarea, transportul și depozitarea produselor.

3.2.2. Modificări fizice: Deteriorarea fizică a produselor alimentare se reflectă în:

- pierderile în greutate survenite în urma deshidratărilor parțiale;
- zbârcirea suprafeței produselor (ofilire);
- modificarea consistenței;

3.2.3. Modificări chimice: Aceste transformări se materializează prin:

- modificări de culoare (închiderea culorii ca urmare a transformărilor suferite de pigmenții naturali) și de aromă datorită reacțiilor fotochimice;

- hidrolize și oxidări suferite de grăsimi (având o intensitate variabilă în funcție de natura produsului și a ambalajului folosit, de temperatura și viteza aerului, respectiv de durata de păstrare);

- oxidarea polifenolilor;

- oxidarea acidului ascorbic care trece în acid dehidroascorbic.

3.2.4. Modificări biochimice: Degradarea biochimică este catalizată de enzimele endogene și are ca rezultat:

- îmbrunarea fructelor și legumelor deteriorate mecanic sub acțiunea oxigenului și a enzimelor din clasa oxireductazelor. Cele mai afectate sunt fructele și legumele bogate în compuși fenolici și cu un conținut ridicat de polifenoloxidaze (mere, banane, caise, ciuperci).

- diminuarea semnificativă a activității respiratorii a legumelor și fructelor.

3.2.5. Modificări microbiologice: Alterarea microbiologică reprezintă factorul principal care condiționează durata de păstrare a alimentelor. De aceea trebuie respectate condițiile de păstrare, care să nu permită dezvoltarea intensă a microorganismelor (de exemplu dezinsecția ambalajelor frigorifice și a ambalajelor de transport, utilizarea ambalajelor de desfacere impregnate cu substanțe antifungice în cazul citricelor, bananelor, perelor etc, folosirea unor ambalaje care să asigure protecție mecanică și să permită eliminarea căldurii provenită prin respirație).

3.3. Depozitarea produselor refrigerate

Produsele refrigerate trebuie păstrate în camere separate de acelea în care se execută răcirea, pentru a evita condensarea vaporilor de apă pe suprafața alimentelor. Umiditatea relativă a aerului în spațiile de depozitare este cuprinsă de obicei între 80 ÷ 90%, iar volumul de aer circulat într-o oră este de 5 ÷ 15 ori mai mare decât volumul camerei. Durata depozitării depinde de natura produsului alimentar și de factorii locali.

4. CONGELAREA PRODUSELOR ALIMENTARE

4.1. Bazele teoretice ale congelării

Congelarea constă în răcirea produselor alimentare până la temperaturi inferioare punctului de congelare a apei conținute în produs, cuprinse între -40-12°C (de preferat -22.....-18°C). Temperatura optimă de congelare este -18°C.

Efectele congelării sunt:

- *încetinirea puternică sau inhibarea completă a dezvoltării microorganismelor datorită scăderii activității apei;*

- *distrugerea germenilor sensibili la temperaturi foarte scăzute (criosterilizare);*

- *reducerea activității enzimelor proprii, ceea ce are ca efect oprirea unor reacții biochimice în timpul păstrării;*

- *creșterea în volum a produsului cu 6 ÷ 8% datorită modificării stării de agregare a apei.*

Durata de păstrare a produselor alimentare conservate prin congelare este de 5 ... 50 ori mai mare față de cea a alimentelor conservate prin refrigerare.

Ținând cont de *temperaturile minime* necesare pentru înmulțirea microorganismelor *psihrofile*, se consideră că *valoarea maximă a temperaturii de congelare* a produselor alimentare, este de -

10°C. Sub această temperatură, dezvoltarea microorganismelor este practic neglijabilă. În unele cazuri, se folosesc însă temperaturi mai scăzute în produs și eventual, se utilizează metode de inactivare a enzimelor proprii, în vederea reducerii activității tuturor agenților modificatori.

Procesul tehnologic de conservare prin congelare a unui produs poate cuprinde următoarele faze:

- tratamentul sau tratamentele preliminare;
- congelarea propriu-zisă;
- ambalarea;
- depozitarea în stare congelată;
- transportul;
- decongelarea;
- păstrarea de scurtă durată în stare decongelată până la consum sau până la utilizarea într-un proces de fabricație.

Cei mai importanți parametri de proiectare ai sistemelor de înghețare sunt *timpul de congelare* și *viteza de congelare* întrucât servesc la compararea diferitelor tipuri de utilaje și sisteme de congelare cât și la aprecierea calității produselor congelate.

Timpul de congelare reprezintă timpul necesar pentru a coborî temperatura produsului de la valoarea sa inițială până la o valoare impusă pentru centrul termic (punctul cu temperatura cea mai ridicată în produs în condițiile în care mediul de răcire are aceeași temperatură și viteză în jurul corpului răcit).

Viteza de congelare reprezintă viteza de scădere a temperaturii într-un anumit punct sau viteza cu care avansează frontul de formare a cristalelor de gheață de la suprafața produsului spre interiorul acestuia și se exprimă în cm/h.

Deoarece procesul de congelare este nestăionar (temperatura mediului de răcire și viteza de răcire variază în timp) pentru a caracteriza intensitatea răcirii se folosește viteza medie de congelare definită prin relația:

$$V_c = \delta / \xi$$

unde:

V_c – viteza medie de congelare, cm/h sau m/h;

δ – grosimea produsului, cm sau m;

ξ - durata congelării, h

Temperatura de congelare t_{cr} (punctul crioscopic sau *temperatura inițială de congelare*) reprezintă *temperatura la care apare primul cristal de gheață*, iar faza lichidă este în echilibru cu faza solidă. Această temperatură este caracteristică pentru fiecare produs și depinde direct de concentrația molară a substanțelor dizolvate. În timpul procesului de congelare crește concentrația substanțelor solubile din apa rămasă neînghețată ceea ce determină o descreștere a punctului de congelare sub valoarea de 0°C. Proporția de apă congelabilă care poate fi transformată în gheață depinde de temperatura atinsă de aliment. Între -1 și -5°C, cca 50-75% din apa congelabilă conținută de produs este transformată în gheață, alimentul considerându-se bine congelat atunci când atinge o temperatură finală de -18° ... -25°C, adică atunci când 90÷95% din apa conținută este transformată în gheață.

Viteza de creștere a cristalelor de gheață depinde de temperatura și de viteza de preluare a căldurii produsului (scade cu creșterea temperaturii).

Prin *congelare lentă* apa cristalizează mai întâi extracelular, deoarece punctul de congelare al lichidului extracelular $-0,6^{\circ}\text{C} \dots -0,8^{\circ}\text{C}$ este mai ridicat decât al celui intracelular -1° (concentrația de săruri a soluției din spațiul extracelular este mai mică decât cea a soluției din spațiul intracelular). *Se formează puține centre de cristalizare, iar cristalele de gheață vor avea dimensiuni mari și aspectul unor dendrite neregulate.*

Prin *congelare rapidă* se formează *un număr mare de centre de cristalizare*, iar *cristalele intracelulare de gheață sunt mici*, repartizate uniform și nu perforază membranele celulelor. La decongelare procesul de absorbție al apei de către țesuturi se face mai bine, datorită numărului mare de cristale care se topesc ușor și mai uniform. În consecință *pierderile de suc celular sunt mai mici.*

Ca urmare a congelării apei din produs, *volumul acestuia crește* cu circa $6 \div 9\%$ (valoarea mai mică este pentru cristale fine obținute prin congelare rapidă și cea mai mare pentru cristale mari obținute prin congelare lentă). Această creștere de volum trebuie luată în considerație la alegerea ambalajului.

4.2. Metode de congelare

Metoda de congelare definește mijloacele materiale și modul în care este preluată căldura de la un produs în vederea congelării acestuia.

Metodele de congelare se pot clasifica după mai multe criterii:

- după *modul de desfășurare a procesului de congelare*;
- după *natura mediului de răcire*, respectiv modalitatea de preluare a căldurii de la produsul supus congelării;

- după *viteza medie de congelare* determinată de perioada de timp necesară atingerii temperaturii optime de congelare;

➤ În funcție de modul de desfășurare a procesului de congelare se deosebesc trei sisteme de congelare și anume:

- cu funcționare discontinuă (în șarje);
- cu funcționare semicontinuă;
- cu funcționare continuă.

➤ În funcție de mediul de răcire și de metoda de preluare a căldurii de la produse se disting următoarele metode de congelare a produselor alimentare:

- congelarea cu aer răcit în schimbătoare de căldură;
- congelarea prin contact cu suprafețe metalice răcite;
- congelarea prin contact direct cu agenți criogenici;
- congelarea prin contact direct cu agenți intermediari.

➤ În funcție de viteza medie liniară de congelare, w_m , Institutul Internațional al Frigului recomandă următoarea clasificare a metodelor de congelare:

- *congelarea lentă*, $w_m < 0,5 \text{ cm/h}$; se realizează la temperaturi ale mediului de congelare de $-18 \dots -20^{\circ}\text{C}$ și durează cca 80 ore;

- *congelarea semirapidă*, $w_m = 0,5 \dots 3 \text{ cm/h}$; temperatura agentului termic de răcire este cuprinsă între $-20 \dots -40^\circ\text{C}$ (în camere frigorifice sau în tunele de congelare) și procesul de congelare durează aproximativ 60 ore;

- *congelarea rapidă*, $w_m = 3 \dots 10 \text{ cm/h}$; temperatura agentului termic de răcire este cuprinsă între $-30^\circ\text{C} \dots -35^\circ\text{C}$ și procesul de înghețare durează până la 24 ore;

- *congelarea ultrarapidă*, $w_m = 10 \dots 100 \text{ cm/h}$, temperatura mediului de răcire este cuprinsă între $-35^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$ și congelarea durează aproximativ 3 ore;

Metodele de congelare rapide și foarte rapide sunt preferate celor lente deoarece nu se produc modificări microbiologice și enzimatică nedorite, se păstrează calitatea senzorială a produselor, iar pierderile de suc celular sunt mici.

În multe țări, produsele conservate prin congelare se întâlnesc sub următoarele denumiri:

- *produse congelate* “Frozen foodstuffs” (temperatura medie de congelare și temperatura de depozitare a acestor produse sunt mai mici de -10°C);

- *produse congelate rapid* “Deep-Frozen foodstuffs” (congelarea, depozitarea, transportul și desfacerea acestor produse se face la temperaturi mai mici de -18°C).

4.2.1. Congelarea cu aer răcit în schimbătoare de căldură

Congelarea în aer rece este procedeul de congelare cel mai răspândit, fiind folosit la congelarea cărnii în carcase, a păsărilor preambalate, a peștelui de dimensiuni mari, a fructelor și legumelor. Se realizează în spații izolate termic prevăzute cu răcitoare de aer și ventilatoare pentru antrenarea aerului. Produsul vine în contact cu aerul rece a cărui temperatură variază între $-25^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$. Temperaturi ale aerului sub -40°C nu sunt economice.

În funcție de starea produsului în timpul congelării, aparatele de congelare pot fi: *în strat fix*, *în strat fluidizat sau mixte*.

4.2.1.1. *Aparate de congelare în strat fix*. În cazul acestor utilaje produsele supuse congelării rămân nemișcate sau se deplasează o dată cu suportul (rastel sau bandă transportoare). Temperatura aerului în aceste aparate variază între $-30^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$. Aparatele de congelare în strat fix pot fi: (a) cu funcționare discontinuă (în șarje), (b) semicontinuă sau (c) continuă.

(a) În funcție de dimensiunile spațiilor de congelare, aparatele în strat fix cu funcționare discontinuă pot fi clasificate în: *tunele de congelare* și *celule de congelare*.

Tunelele de congelare sunt spații de răcire a produselor alimentare a căror capacitate variază de la câteva tone până la câteva zeci de tone de produs pe șarjă. Lungimea lor este de câteva ori mai mare decât lățimea, iar înălțimea se stabilește în funcție de sistemul de distribuție a aerului, de tipul produselor pentru care sunt utilizate, de modul de așezare a produselor etc. În funcție de sistemul de distribuție a aerului pot fi: cu circulație predominant longitudinală, predominant transversală sau predominant verticală.

Celulele de congelare au capacități de răcire mult mai mici decât ale tunelurilor de congelare, de ordinul sutelor de kilograme de produs pe șarjă. În multe cazuri, celulele de congelare sunt realizate ca aparate monobloc, fiind prevăzute cu instalații frigorifice proprii și se montează în interiorul unor spații tehnologice. Produsele sunt așezate în tăvi dispuse pe cărucioare rastel.

Datorită circulației intense a aerului, vitezele de congelare sunt mari, duratele de răcire pentru temperaturi finale ale aerului de $-35 \dots -40^{\circ}\text{C}$ fiind de câteva ore.

(b) *Aparatele de congelare în strat fix cu funcționare semicontinuă* se caracterizează prin faptul că, la anumite intervale de timp se introduc în spațiul de răcire produse și concomitent se scot din spațiul de răcire produsele care sunt deja răcite. În general produsele se dispun pe tăvi care sunt așezate în cărucioare rastel. Dispozitivul de acționare deplasează căruciorul în interiorul aparatului și concomitent, scoate din aparat căruciorul de la capătul opus în care produsele sunt deja congelate. Sistemul de antrenare a cărucioarelor poate acționa și închiderea, respectiv deschiderea ușilor aparatului.

(c) *Aparatele de congelare în strat fix cu funcționare continuă* se caracterizează prin introducerea permanentă a produselor care urmează a fi congelate și evacuarea concomitentă a produselor care sunt deja congelate. Pentru a obține durate cât mai mici ale procesului de congelare, viteza aerului la nivelul produselor are valori mai mari decât la aparatele cu funcționare discontinuă sau semicontinuă. Circulația aerului în spațiul de congelare este transversală sau verticală, iar răcirea aerului se realizează în vaporizatoare prin care circulă agenți criogenici.

Congelatoarele cu bandă transportoare sunt aparatele de congelare în strat fix cu funcționare continuă destinate congelării produselor ambalate sau neambalate de dimensiuni mici (congelarea în vrac a fileurilor de pește, a produselor de panificație, a cărnii porționate, a chiftelelor, pateurilor, preparatelor și semipreparatelor culinare, fructelor, legumelor, înghețata ambalată). Lățimea benzii este de 2 m, iar lungimea ei de 10 m. Banda poate fi dispusă pe un singur nivel sau pe mai multe nivele suprapuse (prin dispunerea benzii transportoare pe mai multe nivele suprapuse se reduce suprafața ocupată de aparat).

4.2.1.2. Aparate de congelare în strat fluidizat

Principiul de funcționare al acestor aparate constă în suflarea ascendentă a aerului răcit prin stratul de produse cu o viteză care să imprime produselor o mișcare permanentă. Datorită faptului că fiecare particulă este în contact cu aerul rece, ea se răcește repede păstrându-și forma naturală și nu aderă una la alta (congelare răzleață, individuală). Procedul se aplică la produsele ce au diametrul de $30 \div 40$ mm (de exemplu mazăre, fasole, morcovi felii sau rondele, fructe: căpșuni, zmeură, cireșe, vișine). Grosimea stratului de produse la răcirea în strat fluidizat variază în limite largi în funcție de dimensiunile particulelor (până la o valoare de maximum 150 mm). Aparatele de congelare în strat fluidizat se împart în două categorii: *cu jgheab* sau *cu bandă transportoare*.

Congelarea cu aer fluidizat oferă o serie de avantaje în raport cu congelarea în strat fix:

- evitarea aglomerării produselor atunci când are loc solidificarea apei de spălare de la suprafața acestora;
- viteze mult mai mari de răcire și implicit durate mult mai mici de congelare a produselor;
- aparate cu gabarite mici; posibilitatea mecanizării și automatizării procesului care poate fi realizat în acest caz în flux continuu.

4.2.1.3. Aparate de congelare mixte

Există și *aparate mixte*, în care se poate realiza atât congelarea în strat fluidizat cât și în strat fix.

4.2.2. Congelarea prin contact cu suprafețe metalice răcite

În cazul *congelării prin contact cu suprafețe metalice*, căldura este preluată de la produse, prin intermediul unei *suprafețe metalice răcite* fie cu un *agent frigorific* (care se vaporizează), fie cu un *agent intermediar*. Congelarea prin contact cu suprafețe metalice răcite asigură durate mici ale procesului de răcire, dar se poate aplica numai în cazul produselor cu forme relativ regulate, de grosimi relativ mici.

Din punct de vedere constructiv, aparatele de congelare prin contact cu suprafețe metalice răcite pot fi:

- *aparate de congelare cu plăci orizontale sau verticale* confecționate din oțel inoxidabil sau din aluminiu prevăzute cu canale prin care circulă agenții criogenici (amoniac, freon, azot);
- *aparate de congelare cu cilindri metalici răciți în interior*.

4.2.3. Congelarea prin contact direct cu agenți criogenici

Congelarea prin contact direct cu agenți criogenici constă în utilizarea căldurii latente de vaporizare a acestora la presiune atmosferică, precum și a căldurii sensibile pe care vaporii formați o absorb prin încălzire până la o temperatură apropiată de temperatura finală a produsului. Prin acest procedeu se asigură cele mai mari viteze de congelare.

Agenții frigorifici de contact utilizați la congelarea produselor alimentare sunt gaze lichefiate (azot, oxid de azot, dioxid de carbon) care prin destindere produc răcirea. Gazele sunt îmbuteliate după lichefiere în recipiente bine izolate termic, având pereți dubli, cu vacuum avansat în spațiul dintre pereți și prevăzute cu supape de siguranță, care se deschid și evacuează vaporii substanței respective atunci când presiunea tinde să crească ca urmare a pătrunderii de căldură din exterior.

Fluidele criogenice utilizate la congelarea produselor alimentare trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- punct de fierbere cât mai coborât (temperatura normală de fierbere a agenților criogenici uzuali este inferioară temperaturii de -70°C);
- căldură latentă de vaporizare cât mai mare;
- inerție chimică;
- absența totală a toxicității;
- să nu fie inflamabil;
- să nu fie explozibil.

Cel mai utilizat agent criogenic este azotul lichid, obținut ca produs secundar în fabricile de oxigen prin separarea din aer.

4.2.4. Congelarea prin contact direct cu agenți intermediari

Agenții intermediari sunt soluții apoase de NaCl, CaCl₂, glicerină, propilenglicol, care se pot răci în instalații frigorifice până la temperaturi foarte scăzute. Contactul dintre produse și agentul intermediar se realizează prin: *imersia* produsului ambalat în soluția de răcire, prin *stropirea* produsului ambalat cu o astfel de soluție sau printr-un *procedeu mixt* (*imersie + stropire*). Viteza de congelare este mare. În cazul răcirii *prin imersie* agentul intermediar se găsește într-un bazin și este răcit cu un evaporator montat în interiorul bazinului.

Congelarea prin contact direct cu agenți intermediari prezintă în raport cu congelarea în aer o serie de avantaje cum ar fi: transferul de căldură este mult mai intens și implicit duratele de

congelare sunt de câteva ori mai mici, se evită pierderile în greutate, se înlătură efectele nefavorabile datorate contactului alimentelor cu oxigenul din aer.

Această metodă de congelare este folosită la congelarea peștelui și a păsărilor.

4.3. Modificări survenite în alimente la conservarea prin congelare

4.3.1. Modificări fizice

Principalele modificări fizice care se produc la congelarea unui produs alimentar sunt:

- pierderea în greutate survenită ca urmare a sublimării/evaporării apei din alimentele congelate dacă acestea nu sunt protejate de un ambalaj corespunzător;
- concentrarea substanțelor dizolvate în sucular celular (în apa care nu a înghețat);
- mărirea volumului produsului;
- modificarea consistenței alimentului (înmuierea țesutului, reducerea suculenței, diminuarea gustului caracteristic, micșorarea gradului de frăgezime).

4.3.2. Modificări chimice

➤ Modificări ale substanțelor grase

Modificarea grăsimilor sub acțiunea oxigenului din aer reprezintă cea mai importantă modificare chimică suferită de produsele alimentare congelate. Prin oxidare se formează aldehide, cetone și peroxizi. Aceste transformări sunt responsabile de apariția gustului și mirosului înțepător, caracteristic rânțezirii. Sunt expuse acestor modificări mai ales carnea de porc, de pește și de pasăre din cauza acizilor grași nesaturați ai grăsimilor componente.

➤ Modificări ale proteinelor și glucidelor

Modificarea proteinelor și glucidelor se datorează mai ales scăderii conținutului de apă liberă datorită cristalizării apei din țesuturi și creșterii concentrației electroliților din apa neînghețată. Congelarea determină denaturări ale proteinelor celulare. Modul exact de acțiune al frigului nu este cunoscut, dar se cunoaște că pe parcursul înghețării dispar o serie de grupări –SH, iar lipoproteinele care le conțin se scindează. Modificările substanțelor proteice pe timpul depozitării sunt urmate de creșterea conținutului de azot amoniacal.

➤ Modificări ale substanțelor minerale

Pierderile de substanțe minerale în procesul de congelare sunt mici deoarece acestea sunt mai stabile din punct de vedere chimic. Ele pot surveni în special pe cale fizică, ca urmare a scurgerilor de lichid la decongelare.

➤ Modificări ale substanțelor aromatizante (gustului și mirosului)

Substanțele aromatizante volatile se pierd relativ ușor în procesul congelării, mai ales pe parcursul depozitării produselor congelate (în special la legume și fructe). Pierderile au loc la țesuturile ale căror celule au fost traumatizate, dar și datorită degradării chimice a compușilor din care sunt alcătuite (prin reacții de hidroliză și oxidare).

Gustul se pierde mai puțin prin congelare deoarece se datorează unor compuși mai stabili. La unele legume pentru care nu s-a efectuat în prealabil operația de opărire lipazele produc în timp un gust specific numit gust de fân.

➤ *Modificări ale vitaminelor*

Pierderile în vitamine sunt mai puțin importante decât în cazul altor procedee de conservare. La alimentele de origine animală, pierderile de vitamine la conservarea prin congelare sunt neînsemnate, în timp ce alimentele de origine vegetală suferă pierderi ceva mai mari, dar care nu depășesc în general 30% din conținutul inițial de vitamine.

Unele vitamine (de exemplu C, B₁, B₂) se păstrează mai bine în alimentele congelate, decât în alimentele conservate prin alte procedee. Acidul ascorbic se oxidează mai rapid sau mai lent, în funcție de temperatură și de valoarea pH-ului. În medii mai acide și la temperaturi mai coborâte, oxidarea este mai lentă și în consecință pierderile de vitamina C vor fi mai mici (de exemplu, mazărea conservată la -18°C păstrează aproape nemodificat conținutul de acid ascorbic, chiar mai mult de un an; la -6°C, după două luni acidul ascorbic se oxidează complet la acid dehidroascorbic).

➤ *Modificarea culorii produselor congelate:*

Modificările de culoare se datorează concentrării hemopigmenților (mioglobina și hemoglobina) din straturile superficiale datorită evaporării apei și oxidării acestora sub acțiunea enzimelor și a oxigenului din aer (se formează metmioglobină de culoare cenușie-brună).

➤ *Modificări ale pH-ului*

pH-ul (aciditatea) se modifică datorită tratamentelor de inactivare a enzimelor, a unor crioconcentrări, sau a precipitării sărurilor din compoziția sucului celular.

4.3.3. Modificări biochimice

Râncezirea hidrolitică a grăsimilor sub acțiunea *lipazelor* (care transformă gliceridele în acizi grași liberi și glicerină) determină creșterea acidității alimentelor congelate și favorizează desfășurarea oxidărilor degradative.

Brunificarea legumelor și fructelor apare datorită oxidării compușilor fenolici sub acțiunea enzimelor, în special a celor din grupa *polifenoloxidazelor*. Modificările de culoare se produc mai ales dacă se fragmentează produsele (brunificarea apare între tăiere și congelare), dar se observă și la decongelarea merelor, piersicilor, vișinelor, tomatelor, ciupercilor, sfeclei etc. În general, acest fenomen este mai intens la suprafață. Polifenoloxidazele pot fi *inactivate* prin ținerea fructelor sau legumelor tăiate într-o soluție de clorit de sodiu 3%. Unele fructe care se congelează pentru semipreparate tip desert (piersicile, caisele, merele) se pot blanșa. Alți inhibitori ai brunificării sunt dioxidul de sulf, sulfiții, acidul citric, acidul malic, acidul ascorbic etc.

4.3.4. Modificări microbiologice

Prin congelare scade numărul de microorganisme din alimente, dar nu se realizează o sterilizare a produselor alimentare. Numărul de microorganisme tinde să crească în timpul decongelării și în intervalul de timp scurs până la consumare.

4.4. Depozitarea produselor congelate

Pe tot timpul depozitării după congelare și apoi pe parcursul comercializării, produsele congelate trebuie menținute la temperaturi negative de -18°C (temperatura optimă) până la -12°C (limita maximă admisă).

Lanțul frigorific al congelării reprezintă totalitatea mijloacelor de producere a frigului și de menținere la temperaturi scăzute a produsului de la centrele de producere și colectare până la consumatorii casnici (punctul de colectare, mijlocul de transport frigorific pentru industrializare, depozitul pentru produse congelate sau refrigerate, mijlocul de transport frigorific spre distribuitori, vitrina frigorifică din magazin, frigiderul casnic).

Pentru asigurarea duratei scontate de depozitare a produselor congelate este necesar să fie îndeplinite o serie de condiții ale microclimatului în care acestea sunt păstrate. În acest scop se utilizează spații frigorifice special amenajate.

Răcirea aerului în depozitele frigorifice se realizează cel mai adesea cu răcitoare de aer cu convecție forțată, cu aspirație și refulare liberă (fără tubulaturi).

În afara asigurării unor temperaturi scăzute constante de depozitare la un nivel cel puțin la fel de scăzut ca și temperatura finală de congelare, este necesar să se asigure o serie de condiții cu privire la:

- *temperatura aerului* (depinde în primul rând de natura produsului, fiind mai scăzută sau cel mult egală cu temperatura finală a produsului în urma procesului de congelare);

- *umiditatea relativă a aerului* (cu cât umiditatea relativă a aerului este mai mare, mai apropiată de starea de saturație, cu atât sunt mai reduse pierderile în greutate ale produselor depozitate);

- *ventilația și distribuția aerului la nivelul produselor* (în timpul operației de depozitare, mai ales pentru produsele de origine vegetală, care sunt organisme vii, este necesară reîmprospătarea periodică a aerului pentru înlocuirea metaboliților volatili și care prin acumulare în atmosferă pot determina boli fiziologice sau reduc conservabilitatea. Depozitarea se poate face și în *atmosferă controlată* cu conținut redus de oxigen, care determină o reducere a proceselor oxidative și o reducere a intensității proceselor de metabolism. Modificarea se face în limitele a 21% pentru oxigen și dioxid de carbon și anume minim 14% oxigen și maxim 7% dioxid de carbon);

- *gradul de încărcare cu produse a depozitului* (încărcarea cu produse a depozitelor de alimente congelate să se facă la capacitatea nominală prevăzută prin proiect);

- *ambalarea și așezarea produselor în depozit*. Prin ambalarea produselor se reduc pierderile în greutate, pericolului de contaminare în timpul manipulărilor și se ușurează operațiile de manipulare și așezare în depozit. Așezarea alimentelor în interiorul depozitului se realizează în așa fel încât să nu perturbe circulația aerului, să nu fie în contact direct cu pardoseaua, cu pereții sau alte obiecte interioare (stâlpi, carcusele răcitoarelor de aer ș.a.).

CONSERVAREA PRODUSELOR ALIMENTARE PRIN TRATAMENT TERMIC

1. Rolul temperaturii în conservarea produselor alimentare

Procedeul de conservare a produselor alimentare cu ajutorul căldurii este denumit *termoabioză* și reprezintă o metodă clasică de conservare, care are la bază *principiul abiozei*, respectiv *fizioabiozei*.

1.1. Influența temperaturii asupra microorganismelor și enzimelor

Distrugerea microorganismelor sub acțiunea temperaturilor ridicate se poate datora:

- *coagulării termice a proteinelor celulare* (supoziție confirmată de faptul că factorii auxiliari, care influențează coagularea proteinelor, influențează în mod pronunțat și rezistența termică a microorganismelor);
- *inactivării sau distrugerii termice a enzimelor microorganismelor* (presupunerea nu este valabilă în cazul bacteriilor termofile ale căror enzime sunt termolabile);
- *deteriorării acizilor nucleici (ADN, ARN)*;
- *distrugerii membranei celulare*.

În realitate, *limita superioară a rezistenței la temperatură a microorganismelor* nu coincide nici cu temperatura de coagulare a proteinelor, nici cu cea de inactivare a enzimelor, ci *depinde de anumite procese metabolice din celulele microorganismelor*.

Rezistența superioară la temperatură a sporilor se explică prin *procentul mai mare de apă legată* (care nu influențează coagularea proteinelor celulare) și prin deosebirile structurale care există între proteinele sporilor și cele ale celulelor vegetative.

În funcție de temperatura de creștere, microorganismele se clasifică în: *psihrofile, psihrotrofe, mezofile și termofile* (Tabelul 1).

Tabelul 1. Clasificarea microorganismelor după temperatura de creștere

Grupa	$t_{\min}$ [°C]	t_{opt} [°C]	$t_{\max}$ [°C]
Psihrofile	0	10 ÷ 15	20
Psihrotrofe	0 ÷ 7	20 ÷ 30	35 ÷ 40
Mezofile	15 ÷ 20	30 ÷ 40	45
Termofile	45	55 ÷ 65	90

Capacitatea microorganismelor de a supraviețui depinde de:

- tipul microorganismului (în general bacteriile Gram-negative sunt distruse mult mai ușor decât cele Gram-pozitive);
- natura și compoziția alimentului;
- temperatura la care se efectuează tratamentul termic și durata acestuia.

Din punct de vedere al rezistenței la temperatură microorganismele pot fi împărțite în două grupe principale:

- grupa I formată din *bacteriile sporogene* și *sporii* acestora;
- grupa II formată din *bacterii nesporogene, mucegaiuri și drojdii*.

Sporii bacteriilor nu au toți aceeași rezistență termică și pot fi clasificați la rândul lor în două categorii:

- spori cu rezistență termică mare, având de obicei dimensiuni mici și o membrană foarte rigidă;

- spori mai puțin rezistenți la temperatură, având dimensiuni mai mari și o membrană mai fină.

Bacteriile nesporogene și celulele vegetative ale bacteriilor sporogene au o rezistență termică mai mică decât a sporilor. Bacteriile termofile sunt mai rezistente la temperatură decât cele mezofile.

Mucegaiurile (cele mai multe specii) au o rezistență redusă la temperatură, fiind distruse în general la temperaturi de aproximativ 80°C.

Drojdii au o rezistență mai mică la temperatură decât mucegaiurile. În majoritatea cazurilor temperatura letală este de 60÷70°C la o durată de încălzire de 1÷20 de minute. *Drojdiiile osmofile* constituie o excepție putând rezista circa 30 de minute la 100°C. *Sporii drojdiilor* sunt distruși la temperaturi cu 5÷10°C mai mari decât temperaturile letale pentru celulele vegetative.

Temperatura acționează asupra *reacțiilor enzimatiche* prin modificarea:

- stabilității enzimei;
- afinității enzimei pentru substrat;
- vitezei de scindare a complexului ES (enzimă–substrat).

Pentru majoritatea enzimelor activitatea catalitică este optimă în intervalul de temperatură 37÷38°C. La temperaturi mai mari de reacție activitățile enzimatiche sunt din ce în ce mai mici, datorită denaturării termice a enzimei. Excepție de la această regulă face *peroxidaza*, care este o enzimă termostabilă a cărei purificare se realizează uneori prin denaturarea celorlalte proteine la 80°C. *Inactivarea termică a enzimelor* este o condiție esențială pentru produsele vegetale conservate prin congelare sau liofilizare.

1.2. Cinetica distrugerii termice a microorganismelor

Fiecare tip de microorganism are o *temperatură optimă de dezvoltare*. Prin expunerea la temperaturi superioare temperaturii optime de dezvoltare pot fi distruse după un anumit interval de timp atât *formele vegetative* cât și *formele sporulate* ale microorganismelor.

Numărul *celulelor vegetative* (în cazul pasteurizării) sau al *celulelor vegetative* și al *sporilor* (în cazul sterilizării) se reduce exponențial cu timpul conform unei cinetici de ordinul I:

$$-\frac{dN}{d\tau} = K \cdot N \quad (5.1)$$

în care:

N – este numărul de microorganisme viabile prezente la timpul τ ;

K – constanta vitezei de distrugere a microorganismelor;

τ – timpul de sterilizare (sau de pasteurizare);

$-dN/d\tau$ - viteza cu care scade numărul de microorganisme.

Prin separarea variabilelor

$$-\frac{dN}{N} = K \cdot d\tau \quad (5.1)$$

și integrare

$$-\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = K \cdot \int_0^\tau d\tau \quad (5.1)$$

se obține:

$$-(\ln N - \ln N_0) = K \cdot (\tau - 0) \Leftrightarrow \ln \frac{N_0}{N} = K \cdot \tau$$

Dacă se trece la logaritmi zecimali rezultă:

$$\ln \left(10^{\log \frac{N_0}{N}} \right) = K \cdot \tau \Leftrightarrow \ln 10 \cdot \log \frac{N_0}{N} = k \cdot \tau \Leftrightarrow 2,3 \cdot \log \frac{N_0}{N} = k \cdot \tau$$

Introducând notația

$$\frac{2,303}{k} = D_T \quad (5.1)$$

ecuația care descrie cinetica procesului de distrugere termică a microorganismelor devine:

$$\log \frac{N_0}{N} = \frac{\tau}{D_T}$$

1.2.1. Curba de supraviețuire

Reprezentarea grafică în coordonate semilogaritmice a numărului de microorganisme (forme vegetative sau spori) care au supraviețuit tratamentului termic în funcție de durata de încălzire la temperatura constantă T se numește curbă de supraviețuire (figura 5.1). Reducerea numărului de microorganisme poate fi descrisă matematic prin relația:

$$\log \left(\frac{N_0}{N} \right) = \frac{\tau}{D_T} \quad (5.2)$$

în care:

N_0 – număr inițial de microorganisme;

N – număr de microorganisme viabile prezente la timpul τ .

τ - durata tratamentului termic;

D_T – *timpul de reducere decimală a populației microbiene* la temperatura T sau timpul necesar pentru a distruge 90% din populația bacteriană când aceasta este expusă la temperatura T.

Timpul de reducere decimală este un indicator pentru rezistența termică a unei anumite specii de microorganisme. Determinarea acestui indicator permite stabilirea timpului necesar efectuării tratamentului termic la o anumită temperatură T. Timpul de reducere decimală a populației microbiene poate fi determinat grafic din panta curbei de supraviețuire ($\text{tg} \alpha = 1/D$).

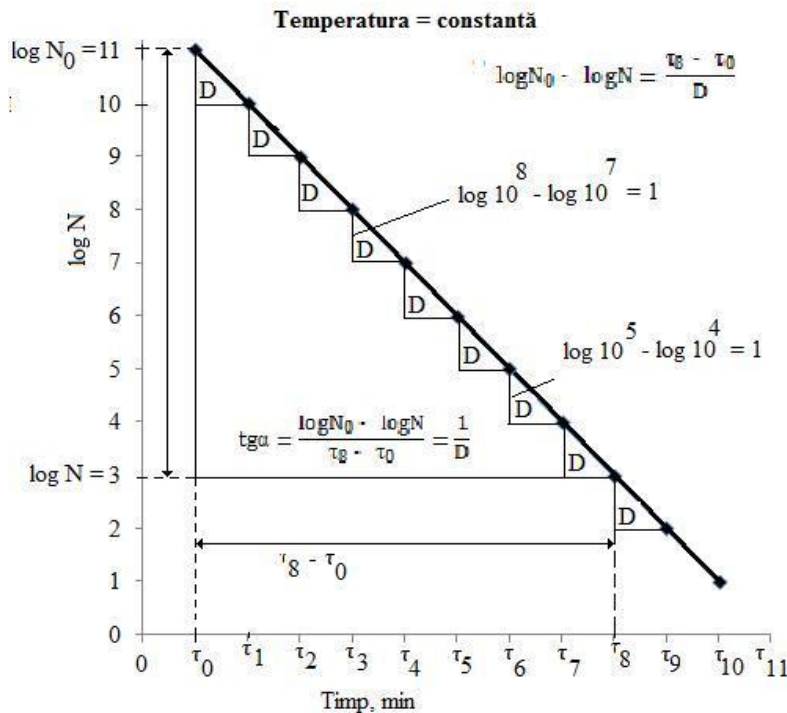


Figura 5.1 . Curba de supraviețuire

1.2.2. Curba de distrugere termică

Reprezentarea grafică în coordonate semilogaritmice a timpului de reducere decimală în funcție de temperatura aplicată se numește curbă de distrugere termică (figura 5.2).

Timpul de distrugere termică („Thermal death time TDT”) reprezintă timpul necesar pentru a distruge un anumit număr de microorganisme la o temperatură specificată.

Timpul de distrugere termică se notează cu litera F și se poate calcula cu relația:

$$F = D_T \cdot (\log N_0 - \log N_N) \quad (5.3)$$

Temperatura de distrugere termică este temperatura necesară pentru a distruge un anumit număr de microorganisme într-un interval de timp prestabilit, de obicei 10 minute.

Influența temperaturii (T) asupra vitezei de inactivare a microbiotei (forme vegetative și forme sporulate) se exprimă prin ecuația:

$$\log \left(\frac{D_R}{D_T} \right) = \frac{(T - T_R)}{Z} \quad (5.4)$$

în care:

D_R – este timpul de reducere decimală a populației microbiene la temperatura de referință T_R (de obicei $T_R = 121,1^\circ\text{C}$).

$Z(^{\circ}\text{C})$ este *coeficientul activității de sterilizare/pasteurizare* sau *constanta rezistenței termice* sau *constanta rezistenței la temperatură*. Coeficientul activității de sterilizare/pasteurizare Z reprezintă numărul de grade Celsius cu care trebuie să crească / să scadă temperatura pentru a reduce / a crește de 10 ori valoarea timpului de reducere decimală a populației microbiene. Coeficientul activității de sterilizare/pasteurizare Z furnizează informații referitoare la rezistența relativă a unui microorganism la diferite temperaturi de distrugere și permite stabilirea unor tratamente termice echivalente pentru diferite temperaturi. Coeficientul activității de sterilizare/pasteurizare Z se determină din panta curbei de distrugere termică ($\text{tg} \alpha = 1/Z$) și are

valori cuprinse între $5 \div 8^{\circ}\text{C}$ pentru formele vegetative și respectiv între $6 \div 16^{\circ}\text{C}$ pentru sporii bacteriilor.

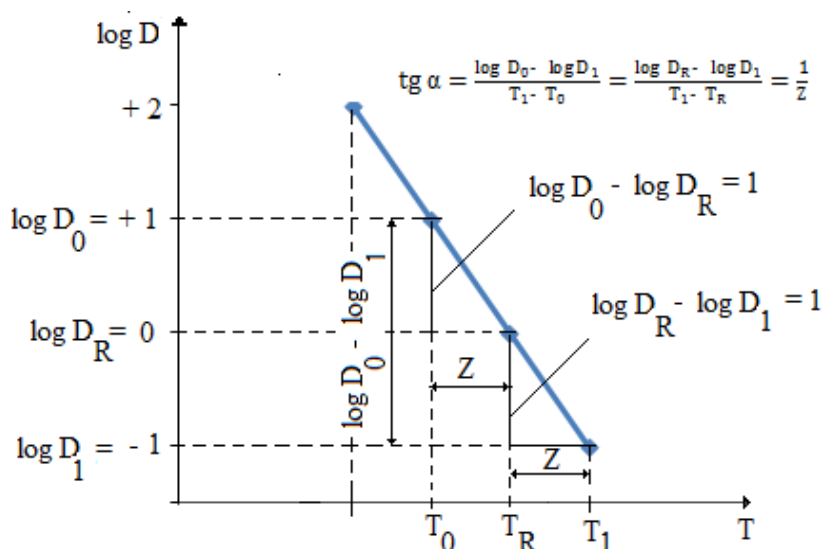


Figura 5.2. Curba de distrugere termică

O conservă se consideră bine sterilizată dacă tratamentul termic aplicat este capabil să reducă de la 10^{12} la 1 numărul de spori de *Clostridium botulinum*, respectiv de la 10^5 la 1 numărul de spori de *Clostridium sporogenes*. Timpii de reducere decimală la temperatura de referință $T_R = 121,1^{\circ}\text{C}$ pentru aceste microorganisme sunt: 0,21 minute (pentru *Clostridium botulinum*) și 1 minut (pentru *Clostridium sporogenes*).

2. Procedee de tratare termică

Principalele variante de conservare a produselor alimentare prin tratament termic sunt: pasteurizarea, tindalizarea și sterilizarea.

2.1. Pasteurizarea reprezintă tratamentul termic care are drept scop:

- distrugerea formelor vegetative ale microorganismelor (în special a bacteriilor patogene nesporulate prezente în produs);
- inactivarea enzimelor (responsabile de modificări biochimice nedorite);
- stoparea trecerii sporilor în forme vegetative.

Prin pasteurizare calitățile senzoriale ale alimentelor sunt mai puțin afectate, deoarece tratamentul termic are loc de obicei la temperaturi mai mici decât temperatura de fierbere. Acest procedeu de conservare se aplică la carne, pește, bere, lapte, sucuri, vin, compoturi, pasta de tomate.

În funcție de temperatura la care se realizează și de durata tratamentului termic aplicat se disting următoarele procedee de pasteurizare a produselor alimentare lichide:

a. *Pasteurizarea de durată* - LTLT („Low Temperature Long Time”) constă în aplicarea unor temperaturi scăzute pe o perioadă lungă de timp. Se realizează la $63 \dots 65^{\circ}\text{C}$, timp de 15-30 min., sau la 75°C timp de 5-10 minute. Acest procedeu se desfășoară în trei etape: încălzirea produsului alimentar până la temperatura fixată, menținerea produsului alimentar la această temperatură pe durata de timp stabilită (durata de pasteurizare propriu-zisă) și răcirea produselor pasteurizate, care poate fi realizată în mod natural (decurge lent) sau forțat.

b. *Termizarea (pasteurizarea moderată)* - LTST („Low-Temperature Short-Time”) se realizează la 63°C, timp de câteva secunde (15 s). Este un tratament termic moderat la care este supus în special laptele destinat fabricării brânzeturilor, deoarece stimulează maturarea brânzeturilor și ameliorează procesul de precipitare al proteinelor.

c. *Pasteurizarea rapidă* se caracterizează prin încălzirea rapidă a produsului până la temperatura de pasteurizare și printr-o durată scurtă de pasteurizare de ordinul secundelor. Ea se poate realiza în următoarele variante:

- HTST („High Temperature Short Time” – temperatură ridicată aplicată pe o perioadă scurtă de timp: 72...78°C, 15 s). Se mai numește *pasteurizare „flash”*.

- VHTST („Very High Temperature Short Time” - temperatură foarte ridicată aplicată pe o perioadă scurtă de timp: 87...105°C, 10-15 s).

d. *Pasteurizarea ultrarapidă*

- VHTVST („Very High Temperature Very Short Time” - temperatură foarte ridicată aplicată pe o perioadă foarte scurtă de timp: 105°C, 1-2 s).

- XL („Extended Life”), la 127...143°C, 0,5-2 s.

- *Uperizarea* – în timpul pasteurizării produsul este pulverizat foarte fin, astfel încât încălzirea cu aburul supraîncălzit folosit ca agent de încălzire să se facă într-un timp foarte scurt. Dacă pasteurizarea nu este urmată de alte operații tehnologice, ea este eficientă numai dacă produsul este menținut la o temperatură mai mică decât temperatura de dezvoltare a microorganismelor.

Pasteurizarea produsele alimentare solide (produse de carne, pește etc.) trebuie realizată în așa fel încât, în centrul termic să se atingă minimum 69,5°C timp de cel puțin 10 minute.

2.2. Tindalizarea (*pasteurizarea multiplă*) se realizează prin încălziri succesive (fără a se depăși temperatura de 100°C), separate de pauze de termostatare (menținere la temperaturi de 25 ÷ 37°C timp de aproximativ 24 h). Durata de încălzire variază în funcție de natura mediului fiind cuprinsă în general între 10 ÷ 30 minute. Prin tindalizare se *distrug* atât *formele vegetative* cât și *sporii microorganismelor* care au germinat între două încălziri și au trecut în forme vegetative. Pentru distrugerea tuturor sporilor, întregul proces de tindalizare poate fi repetat de încă 2÷3 ori. Procedul de tindalizare este anevoios și neeconomic, fiind utilizat în prezent numai pentru sterilizarea mediilor de cultură.

2.3. Sterilizarea este tratamentul termic care are ca scop:

- *distrugerea tuturor microorganismelor*, atât a *formelor vegetative*, cât și a *formelor sporulate*;

- *distrugerea unor toxine microbiene*;

- *inactivarea enzimelor endogene și exogene* dintr-un produs alimentar care pot provoca înrăutățirea calității sau chiar alterarea acestuia în timpul păstrării.

Distrugerea microorganismelor cu ajutorul căldurii este favorizată de prezența unor compuși antimicrobieni: acizi, alcool etilic, bioxid de carbon, bacteriocine, uleiuri eterice etc. Produsele alimentare care au fost supuse acestor tratamente termice sunt ambalate ulterior în condiții aseptice.

Sterilizarea produselor alimentare se desfășoară în general la temperaturi de peste 100°C putând fi: *sterilizare absolută* și *sterilizare industrială* (sau *sterilizare comercială*). Microflora rămasă în urma procesului de *sterilizare comercială* (constituită din anumiți spori *termorezistenți*) este total inofensivă în cazul unei depozitări corespunzătoare a conservelor.

Sterilizarea se poate realiza:

- în *ambalaje* (în acest caz baremul de sterilizare se stabilește în funcție de tipul de produs);
- în *vrac* (se realizează de regulă la 135 - 145°C, timp de 2-6 secunde).

Regimul de sterilizare se stabilește în funcție de tipul microorganismelor (mezofile/ termofile), de starea lor (sub formă vegetativă sau sub formă de spori) și de pH-ul produsului (cu cât pH-ul produsului alimentar este mai redus, cu atât temperatura de sterilizare are valori mai mici).

2.3.1. Clasificarea conservelor alimentare sterilizate

Conservele alimentare se pot clasifica după criterii microbiologice sau în funcție de aciditatea produsului alimentar.

După criterii microbiologice, conservele alimentare sterilizate se clasifică în:

- conserve absolut sterile;
- conserve cu “sterilitate comercială”.

Conservele absolut sterile pot fi preparate în cazul în care la sterilizare se folosesc temperaturi ridicate un timp îndelungat. Folosirea acestor temperaturi provoacă însă transformări profunde în produsul conservat, care conduc la scăderea calității acestuia. Aceste conserve se caracterizează prin: absența totală a formelor vegetative și a sporilor, absența toxinelor microbiene, inactivarea completă a enzimelor tisulare și microbiene.

Conservele cu “sterilitate comercială” sunt acele conserve care pot să mai conțină unii spori termorezistenți, dar acești spori remanenți nu mai pot germina și nu se mai pot dezvolta la temperatura ulterioară de depozitare (care trebuie să fie sub valoarea minimă a temperaturii de germinare și de dezvoltare). Asemenea conserve prezintă următoarele caracteristici: păstrează în mare măsură însușirile senzoriale și nutriționale inițiale, nu conțin microorganisme (forme vegetative și spori) sau toxine dăunătoare sănătății omului, au stabilitate mare în condiții de depozitare normale (temperaturi < 25°C).

După aciditatea conținutului conservele pot fi clasificate în:

- conserve cu aciditate mică: $\text{pH} \geq 5$
- conserve cu aciditate medie: $\text{pH} = 5,0 - 4,5$
- conserve acide: $\text{pH} = 4,5 - 3,7$
- conserve foarte acide: $\text{pH} \leq 3,7$

Caracterizarea procesului de sterilizare pentru un anumit produs ambalat într-un anumit tip de recipient se face prin formula de sterilizare $(A - B - C)/T$ în care:

A – timpul necesar pentru ridicarea temperaturii în instalație până la valoarea impusă de regimul de sterilizare (minute);

B – timpul de menținere a temperaturii de sterilizare (minute);

C – timpul de răcire a instalației până la 40 ÷ 45°C (minute);

T – temperatura de sterilizare, °C.

Ambalajele folosite la sterilizare se aleg în funcție de tipul produsului și de regimul de sterilizare adoptat:

- cutii metalice din aluminiu și tablă de oțel cositorite, vernisate la interior și exterior.
- recipiente din sticlă (borcane cu sisteme diferite de închidere/deschidere și butelii capsulate, în principal cu capace metalice).
- recipiente din material plastic special.

Pentru *stabilirea regimului de sterilizare* se folosesc culturi etalon de bacterii termorezistente (de exemplu: *Clostridium botulinum* și *Clostridium sporogenes*) care se însămânțează în minimum 120 de recipiente și se supun la diferite regimuri de sterilizare. Se consideră eficient procedeul prin care nu se mai obțin recipiente nesterile.

2.3.2. Factori care influențează regimul de sterilizare

Procesul de sterilizare depinde de factori care influențează:

- *viteza de pătrundere a căldurii în recipientul cu produs supus sterilizării* (viteza de termopenetrație):

- natura și consistența produsului;
- modul de așezare a alimentelor în recipient;
- agitarea recipientelor în timpul sterilizării;
- temperatura inițială a produsului;
- dimensiunile recipientului și materialul din care este confecționat;
- sistemul de încălzire;
- timpul și temperatura de sterilizare;
- *rezistența termică a microorganismelor*:
- pH-ul produsului;
- gradul de infectare inițială a produsului;
- prezența substanțelor proteice și a grăsimilor;
- prezența aerului;
- conținutul de NaCl și zahăr;
- conținutul de substanțe fitoncice și de pigmenți antocianici.

2.3.2.1. Factori care influențează viteza de pătrundere a căldurii

Termopenetrația reprezintă viteza cu care pătrunde căldura în produsul supus tratamentului termic. Variația temperaturii în interiorul recipientului umplut cu produs, în funcție de variația temperaturii din utilajul în care se realizează sterilizarea poate fi reprezentată grafic prin *curba de termopenetrație*. Temperaturile se măsoară cu ajutorul termocuplelor sau termometrelor care se fixează în recipient cu ajutorul unor bucle speciale. Curba de variație a temperaturii cuprinde trei porțiuni distincte (de ridicare, de menținere și de scădere a temperaturii).

Evoluția temperaturii se urmărește în *centrul termic al produsului* cunoscut sub denumirea de „*punct rece*” (punctul din interiorul unui recipient în care atingerea temperaturii de proces necesită cea mai lungă perioadă de timp).

Principalii factori care influențează procesul de termopenetrație sunt:

- a. *Natura și consistența produsului* :

Natura conservei este determinată de proveniența produsului care poate fi de origine animală sau vegetală.

Consistența produsului este determinată de compoziția acestuia, de raportul solid/lichid și de vâscozitatea fazei lichide. În funcție de consistența lor conservele pot să aparțină uneia dintre următoarele grupe:

- conserve care conțin produse solide sau păstoase, la care transmiterea căldurii spre centrul termic se face prin conducție;
- conserve care conțin bucăți solide imersate într-un lichid de umplere, la care transmiterea căldurii se face prin ambele mecanisme: conducție și convecție. Ponderea celor două mecanisme de transfer termic este determinată de raportul solid/lichid, de forma părților solide, de prezența aerului și a substanțelor coloidale și de evoluția fazei lichide în timpul sterilizării. Creșterea vâscozității lichidelor de umplere, datorită unor cantități mari de substanțe macromoleculare, în special amidon, proteine și pectine, poate reduce mult transmiterea căldurii prin convecție.
- conserve cu conținut lichid, la care transmiterea căldurii se face numai prin convecție și prin urmare viteza de transfer termic va fi mult mai mare decât în cazul produselor solide și păstoase.

b. Modul de așezare a alimentelor în recipient

În cazul conservelor cu un anumit raport solid/lichid se recomandă așezarea solidelor în poziție verticală în recipient, pentru a nu împiedica mișcarea ascensională (pe verticală) a curenților de convecție, când recipientele nu sunt agitate.

c. Agitarea recipientelor în timpul sterilizării

Agitarea accelerează pătrunderea căldurii în recipient prin intensificarea curenților de convecție și se realizează prin două metode:

- *rotirea cutiilor în jurul axului utilajului de sterilizare* - concomitent are loc rotirea conținutului conservelor în raport cu axul lor (Rotomat): se aplică pentru produsele la care viteza de pătrundere a căldurii în interiorul produsului este mică (de exemplu pentru conservele mixte solid-lichid).
- *rotirea cutiilor peste cap* – constă în rostogolirea cutiilor în jurul unei axe exterioare perpendiculară pe axele cutiilor.

d. Temperatura inițială a produsului alimentar

Temperatura inițială a produsului exercită o influență mare asupra termopenetrației în special la produsele cu vâscozitate mare, unde transmiterea căldurii se face prin *conducție*. Acest lucru reiese clar din ecuația generală a căldurii transmise de la agentul de încălzire la recipient: $Q = K \cdot A \cdot \Delta t_m$ în care: A – este suprafața exterioară a recipientului (m^2), K – este coeficientul global de transfer termic ($W/m^2 \cdot K$), Δt_m – reprezintă diferența medie de temperatură dintre agentul de încălzire și recipient.

e. Dimensiunile recipientului și materialul din care este confecționat

Dimensiunile recipientului. Cu cât recipientele vor avea dimensiuni mai mari, cu atât viteza de pătrundere a căldurii în recipientul cu produs supus sterilizării este mai mică. Pentru recipientele metalice cilindrice se deosebesc două cazuri:

- când dimensiunile se schimbă o dată cu modificarea volumului (durata sterilizării crește cu creșterea distanței de la perete la centrul geometric al recipientului);
- când volumul recipientului este constant, iar înălțimea H a acestuia este variabilă. În acest caz se disting trei situații: dacă $H > D$ timpul de pătrundere a căldurii variază direct proporțional cu pătratul razei; dacă $H = D$, factorul hotărâtor este suprafața totală a recipientului (2/3 din căldură transferându-se prin suprafața laterală și 1/3 prin capace); dacă $D > H$, cea mai mare parte din căldură se transmite prin capace. S-a stabilit că timpul minim de încălzire a unei cutii de conserve este atunci când raportul dintre înălțime și diametru este aproximativ 0,25.

Materialul din care este confecționat recipientul. Din expresia coeficientului global de transfer de căldură K rezultă că fluxul termic transferat de la agentul termic la recipient depinde atât de grosimea cât și de natura materialului din care este confecționat recipientul:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (5.5)$$

unde: α_1 și α_2 sunt coeficienții parțiali de transfer termic de la agentul de încălzire la recipient și de la recipient la conținutul conservei ($\text{W/m}^2 \cdot \text{grad}$); λ – coeficientul de conductivitate termică a materialului din care sunt confecționați pereții recipientului ($\text{W/m} \cdot \text{grad}$); δ – grosimea peretelui recipientului (m).

Se observă că prin micșorarea valorii λ (prin folosirea materialelor cu conductivitate termică redusă) sau prin creșterea valorii δ (prin folosirea recipientelor cu pereți groși) are loc reducerea valorii lui K , mărindu-se astfel durata de timp necesară încălzirii (τ) conservelor până la temperatura de sterilizare. Recipientele de sticlă reduc termopenetrația datorită coeficientului mic de transmitere a căldurii. De exemplu în cazul borcanelor de sticlă, rezistența la transmiterea căldurii (δ/λ) este de 300 de ori mai mare în comparație cu rezistența la transmiterea căldurii la cutiile de tablă. Influența exercitată de materialul ambalajului este mai mare atunci când încălzirea se realizează prin convecție (cazul produselor lichide).

f. Sistemul de încălzire

Sterilizarea se poate face cu abur, cu amestec abur/aer, în apă în regim fără circulație și sub presiune, prin stropire cu apă sub presiune supraîncălzită la 145°C .

Sterilizarea cu abur saturat. Se practică numai pentru sterilizarea conservelor în ambalaje metalice. Se obține o încălzire rapidă a produsului datorită căldurii latente cedată de vaporii de apă care condensează pe suprafața recipientelor. Îndepărtarea aerului din autoclavă este absolut necesară, deoarece prezența acestuia produce o distribuție neuniformă a temperaturii, prin formarea așa-numitelor „pungi de aer” datorită cărora scade viteza de transmitere a căldurii în interiorul recipientelor, creându-se condiții pentru substerilizare. Acest mod de încălzire nu poate fi aplicat ambalajelor de sticlă, flexibile sau semirigide datorită creșterii presiunii din interiorul ambalajului în timpul tratamentului termic aplicat.

Sterilizarea în apă în regim fără circulație prezintă avantajul unei distribuiri mai uniforme a temperaturii în autoclavă, iar viteza de încălzire a produselor este aproximativ aceeași ca și la sterilizarea în abur saturat. Contrapresiunea de aer (din exterior) este obligatorie pentru ambalajele din sticlă. În cazul ambalajelor metalice, cu umplere cât mai mare (fără spațiu liber sub capac), contrapresiunea este realizată de amestecul aer/abur care se formează deasupra nivelului de apă ce acoperă ambalajele.

Sterilizarea cu apă supraîncălzită la 145°C prin stropire (în regim de circulație și contrapresiune) poate fi aplicată la toate tipurile de ambalaje. Stropirea “în ploaie” se realizează printr-un sistem de țevi cu duze montate la partea superioară a incintei autoclavei (care este orizontală).

g. *Timpul și temperatura de sterilizare.* Regimul de sterilizare (τ/T) trebuie ales astfel încât să nu se afecteze substanțial valoarea nutritivă și calitatea senzorială a produselor, ținându-se cont de tipul microbiotei (mezofilă sau termofilă), de destinația produselor, respectiv de temperatura de depozitare.

2.3.2.2. Factorii care influențează distrugerea termică a microorganismelor

Mediul asupra căruia se realizează tratamentul termic influențează distrugerea termică a microorganismelor prin valoarea pH-ului, prin conținutul de NaCl, zaharoză, substanțe proteice, grăsimi, substanțe fitonice și pigmenți antocianici cât și prin numărul și specificitatea microorganismelor pe care le conține. Se admite că microorganismele în stare uscată se distrug mult mai greu decât microorganismele în suspensie apoasă. Așa se explică distrugerea mai greoaie a formelor sporulate comparativ cu distrugerea formelor vegetative.

a) *Influența pH-ului.* Microorganismele prezintă o rezistență maximă la pH 6 ÷ 7, rezistența lor la temperatură scăzând o dată cu micșorarea pH-ului. Produsele cu pH mai ridicat ($pH > 4,5$) trebuie sterilizate la temperaturi $>110^{\circ}C$. Durata de sterilizare la $pH = 4,5$ este de 10 ori mai mică decât durata de sterilizare la $pH = 5 \div 7$. Se întâlnesc cazuri în care produse cu același pH inițial necesită regimuri de sterilizare diferite, deoarece pH-ul se modifică în timpul sterilizării, datorită decarboxilării și desulfurizării (cu formare de CO_2 , H_2S) și precipitării (coagulării) unor substanțe cu proprietăți tampon (proteine, fosfați).

b) *Influența gradului de infectare inițială a produsului.* Durata de pasteurizare/sterilizare este cu atât mai mare cu cât numărul inițial de microorganisme din produs este mai mare (ecuația 5.6):

$$N_{\tau} = N_0 \cdot 10^{-\frac{\tau}{D}} \quad (5.6)$$

în care:

N_{τ} – numărul de microorganisme care au supraviețuit tratamentului termic până la timpul τ ;

N_0 – numărul inițial de microorganisme viabile;

τ – durata tratamentului termic, minute;

D – timpul de reducere decimală, minute.

Din ecuație se poate constata că pentru aceleași valori ale lui τ și D , concentrația în celule sau spori, N_{τ} variază proporțional cu N_0 . Probabilitatea de a găsi spori sau celule (aparținând aceleași specii de microorganisme) crește cu creșterea numărului inițial de microorganisme (N_0).

Gradul de infectare al produsului înainte de aplicarea tratamentului termic este determinat de: gradul de infectare a materiilor prime și auxiliare, a ambalajelor, de condițiile și durata depozitării, de respectarea procesului tehnologic (curățire, spălare, opărire a materiilor prime).

c) Influența substanțelor proteice și a grăsimilor. Substanțele proteice și grăsimile pot juca rol protector în jurul microorganismelor, măbind astfel rezistența acestora la căldură.

d) Influența aerului. Prezența aerului în interiorul recipientului provoacă efecte nedorite în timpul sterilizării: presiune mare în recipient, intensificarea coroziunii cutiilor din tablă de oțel cositorită și nevernisată, pierderi de vitamina C, modificări de culoare, gust, miros. În plus aerul mai poate juca și rol protector al microorganismelor prin formarea unui strat izolator în jurul lor, ceea ce poate duce uneori la accidente de substerilizare (alterarea produsului).

e) Influența NaCl și a zahărului. Prezența unor săruri și în special a NaCl în concentrații de până la 5% mărește rezistența termică a microorganismelor, atât a formelor vegetative cât și a formelor sporulate. Concentrațiile mai mari de NaCl au în general efect de reducere a rezistenței microorganismelor, datorită creșterii presiunii osmotice. Zaharurile micșorează rezistența la căldură a microorganismelor cu atât mai mult cu cât concentrația acestora este mai mare.

f) Substanțele fitonice și pigmentii antocianici micșorează rezistența termică a microorganismelor.

3. Influența temperaturii ridicate asupra calității produselor

3.1. Influența temperaturii ridicate asupra valorii nutritive a produselor alimentare

Tratamentul termic poate influența valoarea nutrițională și calitățile senzoriale ale produselor alimentare prin:

- descompunerea termică a aminoacizilor termolabili;
- formarea de compuși nedisociabili, în urma reacției aminoacizilor cu zaharuri;
- coagularea proteinelor;
- hidroliza substanțelor proteice, în special a colagenului;
- reducerea cantității de acizi grași nesaturați, cu formarea de compuși de condensare care au acțiune nocivă asupra organismului;
- oxidarea rapidă a vitaminei C la compuși lipsiți de valoare biologică (proces favorizat de creșterea pH-ului și a conținutului de metale grele);
- descompunerea vitaminei B₁;
- oxidarea rapidă a vitaminei A prin încălzire în aer; în absența aerului vitamina A prezintă o stabilitate ridicată;
- distrugerea vitaminei D prin încălzire la 100°C sub acțiunea oxigenului din aer (în absența oxigenului prin încălzire la 120°C, timp de 2 ore, vitamina D nu-și pierde activitatea).

3.2. Influența temperaturii ridicate asupra culorii produselor alimentare

În cazul *legumelor și fructelor* pot apărea modificări de culoare ca: brunificarea, palidarea și denaturarea.

Brunificarea produselor vegetale este rezultatul proceselor de natură *enzimatică* (sub acțiunea polifenoloxidazelor și peroxidazelor) și *neenzimatică* (ca rezultat al unor reacții complexe la care participă zaharurile, aminoacizii, acizii organici, acidul ascorbic și polifenolii).

Palidarea culorii apare la fructele de culoare roșie datorită oxidării antocianilor (procesul este favorizat de prezența metalelor grele, a zaharurilor, a hidroximetilfurfurolului și chiar a acidului ascorbic).

Prin *denaturarea culorii* se înțelege formarea unei colorații anormale: înroșirea fructelor și produselor derivate, apariția unei nuanțe violacee la fructele bogate în antociani sau schimbarea culorii verzi a legumelor într-o nuanță cenușie.

În urma tratamentului termic culoarea *cărnii* devine cenușie datorită degradării hemoglobinei și mioglobinei și a reacțiilor de brunificare neenzimatică (reacția Maillard având un rol determinant).

Laptele se poate brunifica în cazul unei sterilizări clasice îndelungate, ca urmare a reacțiilor dintre lactoză și proteine.

CONSERVAREA PRODUSELOR ALIMENTARE PRIN SĂRARE

1. Considerații generale referitoare la procesul de sărare

Sărarea este o tehnică veche de conservare care are la bază următoarele *principii biologice*:

- *principiul fizioanabiozei* (respectiv al *haloosmoanabiozei*) care constă în creșterea presiunii osmotice a soluțiilor datorită acumulării de NaCl;

- *principiul cenoanabiozei* (respectiv al *halocenoanabiozei*) care presupune înlocuirea biocenozei naturale cu o altă biocenoză indusă (se modifică starea substraturilor, activitatea enzimatică a acestora și este afectată activitatea metabolică a microorganismelor care contaminatează alimentele).

Procesul de sărare se desfășoară în 3 etape:

În *prima etapă* se produce o migrare intensă a particulelor de sare în interiorul produsului, însoțită de o deplasare și mai intensă a apei din produs spre soluția de sărare sub acțiunea unei presiuni osmotice foarte puternice. Acest stadiu se caracterizează prin creșterea concentrației sării în sucul celular al țesutului și prin micșorarea masei produsului, deoarece cantitatea de apă cedată de produs depășește cantitatea de sare reținută de acesta. În această fază nu se produc modificări chimice și biochimice profunde.

În *a doua etapă* diferența dintre viteza cu care se deplasează particulele de sare spre interiorul țesutului celular și viteza cu care se elimină apa din țesut este neînsemnată. Spre sfârșitul acestui stadiu migrarea apei din țesut spre soluția de sare încetează.

În *faza a III-a* are loc doar deplasarea particulelor de sare din saramură spre interiorul produsului având ca rezultat creșterea masei acestuia. Concentrația în sare din sucul celular al țesutului se apropie de concentrația soluției de sare din exterior și în final devin egale.

2. Acțiunea conservantă a sării

Sarea dizolvată în sucul celular creează o presiune osmotică ridicată care exercită următoarele efecte asupra alimentelor și microorganismelor:

- *deshidratează celulele microbiene* și provoacă dereglarea metabolismului ca urmare a reducerii vitezei reacțiilor enzimaticice;

- creează condiții improprie pentru dezvoltarea microorganismelor prin micșorarea conținutului de apă liberă din produsele alimentare.

Acțiunea soluțiilor de clorură de sodiu asupra microorganismelor nu se poate însă justifica numai pe baza presiunii osmotice, întrucât alte săruri cu presiune osmotică mai mare decât sarea de bucătărie au totuși o acțiune conservantă mai redusă.

Efectul conservant al clorurii de sodiu se mai poate explica și prin:

- *modificările induse de ionii de sodiu și clor* rezultați prin disocierea sării asupra *grupărilor funcționale aminice, amidice și carboxilice* din substanțele proteice prin care este împiedicată hidroliza ulterioară a proteinelor sub acțiunea enzimelor proteolitice eliberate de microorganismele de alterare. În absența degradării substraturilor macromoleculare microorganismele nu mai au la dispoziție nutrienți ușor asimilabili (peptide, aminoacizi).

- *dereglarea schimbului ionic prin pereții celulelor bacteriene* datorită permeabilității reduse a ionilor de sodiu.

- *acțiunea dăunătoare* asupra microorganismelor a *ionilor de clor* rezultați prin disocierea sării;

- *micșorarea solubilității oxigenului în saramură* (cazul sărării prin imersie), care are ca efect inhibarea parțială a dezvoltării microorganismelor de alterare aerobe.

Inhibarea activității vitale a microorganismelor care degradează alimentele (bacterii de putrefacție) se produce nu numai datorită acțiunii clorurii de sodiu, ci și datorită acțiunii antagoniste a unor germeni care se dezvoltă în mediul salin.

La o concentrație de sare mai mică de 5%, nu numai că activitatea bacteriilor nu este oprită ci, în cazul bacteriilor saprofite și chiar al unor bacterii patogene, ea este chiar stimulată. Majoritatea bacteriilor nu se pot înmulți în mediile în care concentrația sării este mai mare de 10%. Excepție fac bacteriile halofile (iubitoare de sare) și mucegaiurile. Înmulțirea celor mai active bacterii de putrefacție este stopată la o concentrație de sare de 10-15%.

2.1. Factori care influențează procesul de sărare

Factorii care influențează procesul de sărare se pot grupa în două categorii:

➤ Factori referitori la caracteristicile sării (sau saramurii):

- *Puritatea sării*: Sarea care se utilizează în industrie conține aproximativ 2,3% impurități formate în principal din 1% CaSO_4 , 0,3% MgCl_2 , 0,2% CaCl_2 și 0,2% MgSO_4 . Sulfatii de calciu și de magneziu care impurifică sarea micșorează viteza de sărare. În plus MgSO_4 poate imprima un gust amar produselor sărate.

- *Geometria și suprafața particulei de sare*: influențează aderența sării la produsul alimentar în cazul sărării uscate.

- *Concentrația saramurii*: între concentrația saramurii și viteza de penetrare a sării există o corelație liniară până în momentul atingerii stării de echilibru.

- *Temperatura saramurii*: viteza de penetrare a sării crește o dată cu temperatura, efectul fiind mai pronunțat la temperaturi de peste 15°C. Deoarece temperaturile ridicate favorizează alterarea produselor, se recomandă ca sărarea să se realizeze la temperaturi mai scăzute.

➤ **Factori determinați de caracteristicile produsului:**

- *pH-ul produsului alimentar*: viteza de pătrundere a sării este cu atât mai redusă cu cât pH-ul este mai ridicat.

- *conținutul de lipide*: viteza de penetrare a sării scade cu creșterea conținutului de grăsime.

- *geometria bucăților de produs* (carne, pește, brânză): viteza de pătrundere este direct proporțională cu raportul dintre suprafața totală și volumul bucăților de produs. Viteza de penetrare a sării este mai mare în cazul formei paralelipipedice în comparație cu formele cilindrică și sferică.

Pentru sărarea cărnii, preparatelor din carne, semiconservelor și a unor conserve, în afară de sare, se mai folosesc azotat de sodiu sau de potasiu și azotit de sodiu.

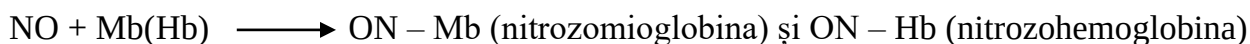
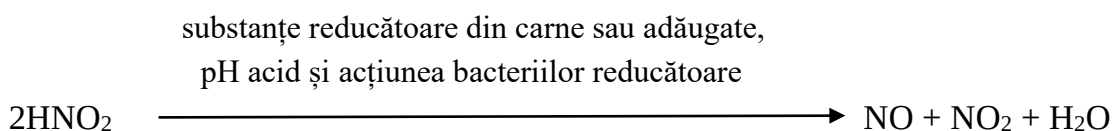
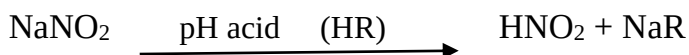
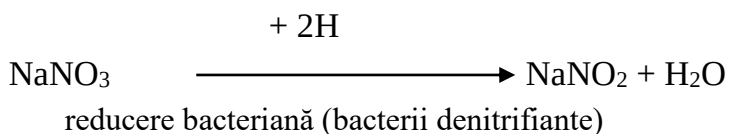
2.2. Aditivi utilizați în procesul de sărare

Amestecurile de sărare pot conține o serie de *aditivi* (azotați de sodiu sau de potasiu, azotit de sodiu, zahăr, polifosfați, acid ascorbic, acid izoascorbic, sorbat de sodiu, glucono- δ - lactona) care îndeplinesc anumite funcții în procesul de conservare.

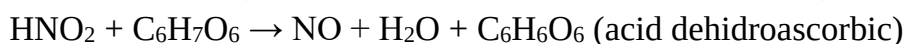
2.2.1. Acțiunea azotatului, azotitului și a acidului ascorbic

Azotații de sodiu și potasiu și azotitul de sodiu sunt folosiți în primul rând pentru a *menține culoarea caracteristică a cărnii* care altfel, sub influența sării, ar deveni cenușie-brună. Denumirea uzuală pentru azotații de sodiu și potasiu este de *silitră*. Culoarea caracteristică a cărnii crude, se datorează pe de o parte colorantului propriu al acesteia, *mioglobina* (Mb), iar pe de altă parte *hemoglobinei* (Hb) provenită din sângele care mai rămâne în mușchi. Cei doi coloranți sunt aproape identici și reprezintă din punct de vedere chimic combinații proteice care conțin fier, foarte sensibile la procesele de oxidare. *Înroșirea cărnii nu este produsă de azotați sau azotiți ca atare, ci de oxidul de azot* rezultat prin reducerea lor. Acesta formează cu *mioglobina* și *hemoglobina nitrozopigmenții* care conferă produselor din carne culoarea roșu aprins, stabilă în timp, mai ales după aplicarea tratamentului termic.

Reacțiile care conduc la formarea *nitrozopigmenților* sunt următoarele:



Transformarea azotiților până la NO este favorizată de prezența acidului ascorbic:



Azotatul și azotitul prezintă și o *acțiune antiseptică*, care se manifestă prin *inhibarea bacteriilor de putrefacție*. Azotitul de sodiu, ca atare, nu are efect asupra microorganismelor. El devine activ doar după ce este transformat în acid azotos, respectiv NO , NO_2 și H_2O . *Efectul antibacterian* este bazat pe *reacția dintre NO și grupările aminice libere* din structura proteinelor microorganismelor (efectul Perigo). Prin degradarea azotatului sub acțiunea bacteriilor denitrifiante se pune în libertate oxigen, creându-se condiții aerobe, care reduc activitatea bacteriilor anaerobe (majoritatea bacteriilor care alterează carnea fiind anaerobe).

2.2.2. Acțiunea zahărului în procesul sărării

Adaosul de zahăr în amestecul de sărare prezintă următoarele avantaje:

- favorizează pătrunderea amestecului de sărare în produsul alimentar;
- *frăgezește carnea* și-i pune în valoare aroma specifică de produs sărat, bine maturat.
- accelerează transformarea NaNO_3 în NaNO_2 prin stimularea dezvoltării *bacteriilor denitrifiante* și a bacteriilor care transformă zaharoza în zaharuri reducătoare (glucoză). Bacteriile denitrifiante elimină produși acizi care micșorează pH-ul saramurii. Este accelerată astfel transformarea NaNO_2 în NO , NO_2 și H_2O și se creează condiții defavorabile pentru bacteriile de putrefacție.
- *stabilizează culoarea cărnii sărate* prin *acțiunea reducătoare a glucozei* asupra pigmentilor din carne;
- *contribuie la gustul produsului* când doza adăugată este moderată (mai mică de 1%).

O cantitate prea mare de zahăr (peste 2%) are un efect nedorit, întrucât este favorizată apariția unui mucus, care rezultă din condensarea polizaharidelor sau a monozaharidelor.

2.2.3. Folosirea polifosfaților în procesul de sărare

Principalii *polifosfați* utilizați în industria cărnii sunt: *pirofosfatul disodic* ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$), *pirofosfatul tetrasodic* ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), *tripolifosfatul pentasodic* ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), *pentapolifosfatul de sodiu* ($\text{Na}_7\text{P}_5\text{O}_{16}$), *hexametafosfatul de sodiu*: $(\text{NaPO}_3)_n$ unde $n = 6$. Aceștia cresc capacitatea de conservare datorită reținerii ionilor de Cu^{2+} și Fe^{3+} , care sunt catalizatori puternici ai oxidării grupărilor aldehidice. De asemenea, polifosfații complexează metalele care intră în structura unor enzime proprii țesuturilor vegetale și animale, inclusiv a celor secretate de microorganisme.

2.2.4. Influența vitaminei E în procesul de sărare

Vitamina E *stabilizează pigmentii* și *împiedică oxidarea lipidelor*. Acțiunea antioxidantă a vitaminei E este inferioară celei a vitaminei C, în timp ce un amestec de vitamine E și C prezintă un efect mai pronunțat în protejarea lipidelor față de oxidare.

2.2.5. Acțiunea acidului ascorbic în procesul sărării

Acidul ascorbic, *acidul izoascorbic* și *sărurile lor de sodiu* au *efect sinergetic* cu NaNO_2 , reducând doza de folosire a nitritului de sodiu (acesta fiind considerat toxic pentru organism). Acești aditivi împiedică modificarea culorii sub acțiunea luminii etc. Prin înlocuirea parțială a azotitului de sodiu cu acid ascorbic este diminuat *riscul de formare a nitrozaminelor* (substanțe cu caracter cancerigen).

2.2.6. Acțiunea sorbatului de sodiu

Sorbatul de sodiu are *acțiune antifungică, antibacteriană* și favorizează formarea culorii.

2.2.7. Acțiunea glucono- δ – lactonei (GDL)

Glucono- δ – lactona (GDL) are o acțiune sinergetică cu azotitul de sodiu (doza de folosire a azotitului de sodiu scade cu 50% în cazul salamurilor crude).

3. Metode de sărare.

Sărarea se poate aplica ca *metodă de conservare de sine stătătoare*, sau ca *metodă de ameliorare a capacității de conservare a produselor alimentare și de îmbunătățire a proprietăților senzoriale* (gust, miros, textură) atunci când se combină cu o altă metodă de conservare (cu refrigerarea sau afumarea – pentru carne, pește și brânzeturi sau cu pasteurizarea - la produsele vegetale).

Principalele produse alimentare care se conservă prin sărare sunt:

- carnea și produsele din carne (șuncă, salamuri crude și afumate, slănină etc.);
- peștele și icrele;
- brânzeturile maturate;
- legumele: ardeii (grași, lungi, iuți), conopida, fasolea verde, mărarul, pătrunjelul (frunze), tarhonul (frunze), țelina (frunze), vița de vie (frunze), ciuperci sau amestecuri ale acestora.
- *măslinile* (sunt singurele fructe care se consumă conservate prin sărare).

Cea mai mare pondere o are industria peștelui (în special peștele marin mărunț).

3.1. Metode de sărare a cărnii

Sărarea cărnii și a produselor din carne se poate face prin mai multe **metode** și anume:

- prin *sărare uscată*;
- prin *sărare umedă* (prin imersare, prin injectare intramusculară și intraarterială, prin malaxare – varianta restrânsă a sărării umede) și
- prin *sărare mixtă*.

Alegerea celei mai indicate metode este determinată de felul și de caracteristicile materiei prime, de condițiile de mediu, de viteza necesară procesului de sărare și de cerințele produsului finit.

În funcție de concentrația sării în faza apoasă a produsului alimentar acestea pot fi: foarte puțin sărate (< 2% NaCl); slab sărate (până la 3% NaCl); potrivit de sărate (până la 3,5% NaCl); sărate (până la 4,5% NaCl); puternic sărate (> 4,5% NaCl).

3.1.1. Sărarea uscată

Sărarea uscată este indicată în special pentru sărarea slăninii și mai puțin pentru carne (mai ales pentru organele vascularizate la care apar scăderi ale masei de până la 40% având ca rezultat o depreciere a proprietăților organoleptice și o scădere însemnată a valorii nutritive). Pentru sărare se poate folosi doar *sare uscată* sau un *amestec de sărare care conține*: sare, silitră, nitrit, zahăr. Durata de sărare depinde de compoziția chimică și gradul de mărunțire a sării, de grosimea bucăților de carne. Cea mai mare viteză de pătrundere a sării se obține cu NaCl chimic pură.

Amestecurile de sărare uscată utilizate sunt:

- *amestec de sărare A* cu efect mai lent de înroșire (100 kg NaCl + 0,8 kg NaNO₃ + 0,2 kg NaNO₂), care se utilizează în proporție de: 2,4 – 2,5 kg / 100 kg carne pe timp răcoros; 2,6 kg/100 kg carne pe timp călduros;

- *amestec de sărare B*, cu efect rapid de înroșire (100 kg NaCl + 0,5 kg NaNO₂). Cu acest amestec sărarea se face astfel: 2,4 kg / 100 kg carne pe timp răcoros; 2,6 kg / 100 kg carne pe timp călduros.

3.1.2. Sărarea umedă

Această metodă se realizează prin *introducerea produsului de sărat într-o soluție de sare cu o anumită concentrație, în care se menține un timp variabil*, în funcție de tipul produsului și de durabilitatea lui.

Prepararea saramurii se face prin dizolvarea sării într-un vas special, până la saturație, adică până la concentrația de 26⁰Be'. Soluția concentrată de sare se sterilizează la 90°C timp de 10 minute, apoi se răcește până la 4°C și se decantează. La această soluție se adaugă apoi silitra, nitritul și eventual celelalte ingrediente. La 100L de saramură se adaugă 0,250 kg silitră și 0,150 kg nitrit. Concentrația de zahăr variază între 0,1÷5%, acidul ascorbic se adaugă în proporție de 0,5%, iar fosfatul în proporție de 4%. Soluțiile de sărare de concentrațiile necesare se prepară din soluția concentrată de sare obținută în prealabil. În funcție de concentrația saramurii se disting: sărarea „tare” (saramuri de concentrație 20% NaCl) și sărarea „dulce” (saramuri de concentrație 14÷16% NaCl). În funcție de timpul de sărare se deosebesc: sărarea de durată (40÷60 zile), sărarea obișnuită (20÷25 zile) și sărarea accelerată (7÷14 zile). Prin sărare umedă se obțin produse cu un conținut ridicat de apă și deci cu o conservabilitate limitată.

Saramurile utilizate la sărarea cărnii pot fi:

- a. Din punct de vedere al concentrației în NaCl:
 - saramuri slabe (până la 10% NaCl);
 - saramuri medii (până la 18% NaCl);
 - saramuri tari (peste 18% NaCl).
- b. După modul lor de folosire:
 - saramuri de acoperire (imersare);
 - saramuri de injectare (intramuscular sau intraarterial);
 - saramuri de malaxare.

A. Sărarea umedă prin imersie

Se aplică ca metodă de sine stătătoare la:

- materii prime destinate tobelor, caltaboșilor, lebăvurștilor: cap de porc, limbă de vită și porc. Saramura de imersie este formată din 14 kg NaCl, 0,080 kg azotit și 85,920 kg H₂O;
- materii prime destinate unor tipuri de afumături: picioare de porc afumate, coaste afumate. Saramura de imersie conține 11 kg sare, 0,080 kg azotit și 88,920 kg apă.

Sărarea umedă prin imersie se aplică și ca metodă complementară sărării prin injecție în cazul materiilor prime destinate unor tipuri de afumături sau specialități ca: mușchi picant, mușchi țigănesc, ruladă. Saramura de imersie are aceeași compoziție cu saramura de injectare. Se

recomandă ca *materia primă folosită la sărarea prin imersie* (pH = 5,7- 6,1) să fie refrigerată pentru a se evita multiplicarea microorganismelor înainte de a se realiza sărarea propriu zisă.

B. Sărarea prin injectare

Pentru grăbirea procesului de sărare o parte din saramură se introduce în carne prin injectare, după care carnea se pune în bazine sau căzi în care se toarnă saramura. Injectarea saramurii se poate face *intramuscular sau intraarterial*. Pentru injectarea intraarterială este necesar ca la tranșare să se păstreze integritatea vaselor.

C. Sărarea cu saramură prin malaxare

Acest tip de sărare umedă se poate realiza pentru obținerea semifabricatelor (bradt și șrot) destinate fabricării preparatelor din carne (salam și cârnați), precum și în cazul cărnii destinate unor specialități (șuncă fără derivate proteice, șuncă dietetică din carne de mânzat).

În primul caz, carnea se mărunțește ca șrot în funcție de sortiment iar la malaxarea cu saramură se poate adăuga și derivat proteic. Malaxarea se face până la absorbirea completă a saramurii de către carne. Se recomandă ca semifabricatul să se folosească după circa 3 h de depozitare la 2..4°C sau după o depozitare de maximum 48 h la 2..4°C.

În cel de al doilea caz, materiile prime se toacă la volf sau se taie în felii cu grosimea de 1,5 cm. Malaxarea implică următoarele operații: adăugarea saramurii, malaxare timp de o oră, depozitare la frig timp de 24 de ore pentru maturare, malaxare timp de o oră, depozitare la frig timp de 48 de ore, malaxare timp de o oră. Acest tip de sărare prezintă avantajul unei hidratări superioare a cărnii, care va reține apa în timpul tratamentului termic.

3.1.3. Sărarea mixtă

Sărarea mixtă este metoda de sărare cea mai folosită în industria cărnii, întrucât asigură o sărare mai uniformă. Se aplică de obicei la fabricarea rapidă a produselor sărate care se consumă crude. Timpul necesar pentru sărarea produselor prin această metodă este de două ori mai mic decât timpul necesar la sărarea uscată sau umedă.

Procesul de sărare mixtă se desfășoară în următoarele etape:

- injectarea cu o saramură de concentrație 16% (cantitatea de saramură folosită reprezintă 10% din masa cărnii);
- frecarea cărnii cu amestec de sărare uscat;
- așezarea cărnii în bazine unde se formează o saramură proprie;
- adăugarea unei saramuri de 13÷15°Be/ peste produsele presate pentru completare.

Prin această metodă se evită deshidratarea și sărarea excesivă, asigurându-se totodată o conservabilitate mai mare a produselor.

3.2. Metode de sărare a peștelui

În funcție de cantitatea de sare încorporată în produsul finit, peștele poate fi:

- slab sărat cu un procent de maximum 10% NaCl;
- potrivit de sărat cu un procent de 10 – 14% NaCl;

- puternic sărat cu un procent de peste 14% NaCl.

Metodele de sărare aplicate în industria peștelui sunt:

- **sărarea uscată** - este aplicată la peștele slab și la peștele mărunț; la o astfel de sărare se extrage din pește până la 40% din cantitatea inițială de apă. Peștele întreg sau despicat este presărat cu sare și așezat în straturi, în vasul de sărare, fiecare strat de pește alternând cu un strat de sare. Saramura formată în timpul procesului de sărare reprezintă circa 25÷35% din greutatea peștelui și poartă denumirea de *saramură naturală*. Pentru a împiedica plutirea peștelui la suprafața saramurii ca urmare a diferențelor de densitate se folosesc grătare cu greutate.

- **sărarea umedă** - se aplică numai la obținerea peștelui slab sărat întreg sau prelucrat (decapitat, eviscerat, bucăți, file), destinat pentru semiconserve sau pentru afumare la cald. Procesul tehnologic de sărare se realizează în bazine cu saramură de concentrație 10÷24%. Peștele poate fi așezat în vrac, în coșuri sau în containere.

- **sărarea mixtă** care se aplică în principal pentru peștii grași și semigrași.

În funcție de temperatura la care se face sărarea aceasta poate fi:

- **sărare la cald** folosită în anotimpurile răcoroase, care se aplică pentru pești mărunți (hamsie, stavrizi, sardele), imediat după pescuire, procesul de sărare durând 2-4 zile.

- **sărare răcită**, când peștele se răcește la 0...5°C, concomitent cu sărarea. La fundul recipientului de sărare se așează gheața, apoi se pun straturi alternative de pește și gheață-sare. Pentru acest fel de sărare se folosește 50% sare și 40-60% gheață față de greutatea peștelui. Sărarea răcită se aplică la peștii de apă dulce (scrumbie mică) și la pești oceanici (hering, stavrid, macrou), procesul de sărare durând ≈ 10 zile.

- **sărare rece**: peștele se congelează concomitent cu sărarea. Pentru acest gen de sărare, la fundul recipientului se așează un strat de gheață, apoi straturi alternative de pește și sare + gheață. Se utilizează 16 – 19% sare și 80 – 100% gheață față de greutatea peștelui. Durata sărării este de 10 – 15 zile.

Din punct de vedere tehnic sărarea peștelui se poate face: în bazine cu sau fără răcire (se aplică pentru sărarea uscată, umedă și mixtă); în butoaie (pentru sărarea uscată); în recipiente de material plastic (pentru sărarea uscată).

Pe parcursul procesului de sărare (care durează mult) *are loc maturarea proteinelor din pește sub acțiunea enzimelor proprii* țesutului muscular, a enzimelor proteolitice digestive (la peștele sărat întreg) și *a celor elaborate de unele bacterii aduse de sare*. Maturarea îmbunătățește substanțial caracteristicile senzoriale ale peștelui sărat (în principiu gust și consistență).

3.3. Metode de sărare a brânzeturilor

Se realizează în scopul: eliminării zerului; încetinerii sau opririi activității microorganismelor nedorite; frânării dezvoltării microorganismelor producătoare de aciditate (bacterii lactice); influențării activității unor enzime și, deci, a reglării maturării brânzeturilor; întăririi cojii brânzeturilor; asigurării gustului ușor sărat.

Sărarea poate fi făcută în mai multe moduri:

- **sărarea în bob**, când sarea se amestecă cu masa boabelor de coagul înainte de introducerea lor în formă, astfel încât să se asigure 1,5 – 1,8% sare în produsul finit. Sărarea în bob se aplică la brânzeturile Cheddar, Bucegi, Tilsit, Roquefort.

- *sărarea uscată* se face prin aplicarea sării pe suprafața brânzei și frecarea cu peria. Se aplică la sortimentele Camembert, cașcaval Dobrogea, Dalia.
- *sărarea în saramură* se aplică la majoritatea brânzeturilor, concentrația saramurii fiind de 20 – 24% pentru brânzeturile tari, 16 – 20% pentru cele semitari și 13 – 18% pentru cele moi.

3.4. Suprasărarea legumelor

Conservarea legumelor prin sărare se realizează în bidoane din material plastic, butoaie din lemn, dar și în bazine metalice. Ele se igienizează și se pregătesc în mod specific. Umplerea vaselor se realizează așezând alternativ straturi compacte de legume și de sare în cristale mari (cantitatea de sare necesară reprezintă $18 \div 20\%$ din masa legumelor). Omogenizarea se realizează prin rostogolirea bidoanelor sau butoaielor bine etanșate, iar la bazine prin recircularea saramurii. Depozitarea se face la temperaturi mai mici de 15°C , butoaiile sau bidoanele fiind stivuite pe grătare în spații curate, aerisite.

4. Modificări produse de sărare în alimente

Indiferent de metoda aplicată, produsul conservat prin sărare suferă în timpul acestui proces o serie de modificări de natură histologică, chimică, biochimică, microbiologică cum ar fi:

- creșterea consistenței țesuturilor;
- pierderea de umiditate;
- pierderea de substanțe proteice, substanțe minerale și vitamine;
- intensificarea proceselor de oxidare a grăsimilor sub acțiunea catalitică a impurităților din sare;
- depolimerizări și agregări (peptizări) ale proteinelor;
- inhibarea enzimelor proteolitice;
- activarea lipazelor;
- denaturarea proteinelor prin salifiere în cazul unor concentrații de NaCl mai mari de 6%, ceea ce va conduce la micșorarea extractibilității acestora;
- creșterea puterii de reținere a apei în cazul fierberii ulterioare a produselor.

CONSERVAREA CU AJUTORUL ZAHĂRULUI

1. Acțiunea conservantă a zahărului

Conservarea cu ajutorul zahărului are la bază principiul biologic al *saccharoosmoanabiozei* și se realizează prin adăugarea de zahăr (peste 60% zahăr în produsul finit), astfel încât presiunea osmotică a fazei lichide a produselor alimentare să crească împiedicând dezvoltarea microorganismelor.

Creșterea presiunii osmotice prin adaos de zahăr determină:

- *plasmoliza celulelor microbiene*, proces în care se elimină apa liberă și o parte din apa legată fizico-chimic (apa coloidală – apă osmotică + apă de adsorbție) din celulele microbiene. Prin eliminarea apei celulele se contractă, pereții celulari care joacă rolul unor membrane semipermeabile se detașează, iar celulele mor.

- *reducerea umidității produsului*, deci reducerea activității apei sub limitele de dezvoltare a microorganismelor.

2. Factorii care influențează acțiunea conservantă a zahărului

Procesul de conservare cu ajutorul zahărului este influențat de:

- *conținutul inițial de zaharuri din fructe*, care influențează pozitiv acțiunea de conservare (cu cât gradul de maturitate al fructelor este mai avansat, cu atât este mai mare concentrația de zahăr din fructe);
- *conținutul final de apă al produsului*: cu cât acesta va fi mai mic, cu atât acțiunea conservantă va fi mai mare;
- *cantitatea de zaharoză adăugată și gradul de invertire realizat*; cu cât raportul zahăr invertit/zaharoză este mai mare cu atât acțiunea inhibitoare a zahărului total este mai mare (zahărul invertit difuzează mai ușor în celulele vegetale).
- *parametrii procesului de fierbere* a produselor pe parcursul procesului tehnologic (temperatura și durata) care influențează eliminarea apei prin vaporizare, creșterea concentrației de zahăr, respectiv scăderea activității apei;
- *cantitatea și calitatea pectinei din fructe*, care mărește vâscozitatea fazei lichide ceea ce îngreunează accesul substanțelor nutritive și al apei la celulele microbiene;
- *valoarea mai redusă a pH-ului*, care intervine direct în conservare, dar acționează și indirect prin favorizarea celorlalți factori ai conservării (invertirea zaharozei, formarea gelului pectină – zahăr – acid etc.). Principalii acizi alimentari adăugați în timpul procesului de fabricație pentru a ușura formarea gelului pectic și pentru a îmbunătăți gustul produselor conservate cu zahăr sunt: acidul citric și acidul tartric.

Conservarea cu zahăr are eficiență scăzută atunci când:

- produsele conservate sunt neambalate și vin în contact cu aerul cu umiditate relativă ridicată. Acest lucru determină scăderea presiunii osmotice și, în consecință, mărirea activității apei din faza lichidă a produsului.
- se produce zaharisirea (cristalizarea unuia din zaharurile aflate în exces în produsul finit). Acest fenomen conduce la scăderea concentrației în zahăr a fazei lichide, deci la reducerea corespunzătoare a presiunii osmotice și la creșterea activității apei;
- are loc caramelizarea produselor finite în timpul fabricării lor (zahărul se descompune prin încălzire în produse necristalizabile). Caramelizarea este însoțită de o reducere a potențialului de oxido-reducere, ceea ce favorizează dezvoltarea drojdiilor și bacteriilor, care pot fermenta diverse produse, cum ar fi marmeladele și gemurile.

La conservarea cu ajutorul zahărului, activitatea apei se situează la valori $(a_w < 0,845)$ care permit dezvoltarea mușcăiurilor și a drojdiilor osmofile, însă împiedică dezvoltarea bacteriilor și a drojdiilor neosmofile.

Pentru a împiedica dezvoltarea mușcăiurilor și a drojdiilor osmofile, care pot suporta concentrații de zahăr de până la 80%, produsele conservate cu zahăr sunt supuse unor tratamente suplimentare:

- *pasteurizarea produselor finite* (gemuri, jeleuri, dulceturi)

- *aseptizarea suprafeței produselor cu substanțe conservante antifungice* (sorbit de sodiu, benzoat de sodiu).

Având în vedere că mucegaiurile sunt distruse în procesul de fierbere, rezultă că infectarea ulterioară cu spori de mucegai sau cu drojdii osmofile se face din mediul exterior, ca urmare a unei igienizări necorespunzătoare a procesului tehnologic și/sau a unei ambalări neadecvate a produselor alimentare.

Produsele conservate cu ajutorul zahărului sunt:

- *produsele gelificate* (a căror consistență solid elastică se datorează formării unui gel pectină – zahăr - acid) din care fac parte: jeleurile de fructe, marmeladele, gemurile de fructe, peltelele;
- *produsele negelificate*: dulcețurile de fructe, magiunurile, pastele de fructe, siropurile de fructe, fructele confiate (fructele opărite, răcite și trecute prin băi de sirop cu concentrație crescătoare de zahăr); fructele uscate impregnate (fructe fierte în sirop de zahăr și apoi uscate);
- *laptele concentrat cu zahăr* (adaos de minimum 62% zahăr);
- *ciocolata neagră și ciocolata cu lapte*;
- *nucleele* destinate fabricării drajeurilor;

3. Tehnologia produselor conservate cu zahăr

Pentru conservarea fructelor se utilizează metoda de fierbere cu adăugarea unei cantități determinate de zahăr, iar pentru unele produse, se adaugă pectină și acizi alimentari. Cantitatea de zahăr adăugată, contribuie la ridicarea presiunii osmotice a fazei lichide a produsului, care blochează dezvoltarea microflorei de alterare, iar activitatea apei este de aprox. 0,84. În aceste condiții, pentru *anihilarea activității mucegaiurilor și a drojdiilor osmofile* sunt necesare unele tratamente suplimentare produselor conservate cu zahăr, cea mai utilizată fiind *pasteurizarea*.

Conservarea cu ajutorul zahărului se aplică unui număr mare de specii și soiuri de fructe proaspete sau semifabricate conservate. Pentru semifabricatele sulfitate este obligatorie operația de desulfurare, realizată înainte de conservarea cu zahăr.

3.1. Produse gelificate

Gelul pectic este un sistem coloidal alcătuit din pectină, zahăr și acid. Moleculele de pectină legate între ele prin punți de hidrogen formează un gel; în interiorul acestei structuri tridimensionale se găsesc soluția care conține zahăr, acizi și alte componente. Gelul se obține în urma fierberii de scurtă durată a soluției de zahăr, pectină și acid consolidându-se în timpul răcirii, când pectina trece din stare de soluție în stare de gel. Pentru o gelificare optimă este necesar un $\text{pH} = 3,1 \div 3,4$.

a). *Gemurile* reprezintă produse gelificate, ce se obțin din fructe proaspete recoltate la maturitatea tehnologică sau din pulpe conservate cu dioxid de sulf, fierte cu zahăr, cu sau fără adaos de acizi și pectină, până la concentrația stabilită de normativele în vigoare, ambalate în recipiente închise ermetic și pasteurizate. Gemul se poate prepara dintr-o singură specie de fructe și poartă denumirea fructului respectiv, sau din amestecuri de fructe și poartă denumirea de gem asortat. La fabricarea gemurilor se folosesc fructe proaspete.

Procesul tehnologic de fabricare a gemurilor cuprinde următoarele faze:

spălare - sortare - curățare - divizare - prepararea produsului - spălarea recipientelor - dozare - închidere – pasteurizare - condiționarea recipientelor - depozitare.

Prepararea gemului se poate face prin două metode:

- impregnarea prealabilă a fructelor cu zahăr, urmată de concentrare prin fierbere;
- fierberea directă a fructelor cu zahăr sau în sirop de zahăr și concentrarea produsului.

b). *Marmelada* este produsul obținut prin concentrarea cu zahăr a marcului de fructe proaspăt sau conservat, cu sau fără adaos de acizi alimentari și de pectină.

Marmelada se fabrică în trei calități: extra, superioară și amestec.

- *Marmelada extra* se fabrică dintr-o singură specie de fructe nobile.
- *Marmelada superioară* se fabrică dintr-un amestec de fructe: minim 30% fructe nobile și maxim 70% fructe comune (din care proporția de mere, respectiv prune să nu depășească 50%).
- *Marmelada amestec* se fabrică dintr-un amestec de minim două specii de fructe. Proporția de pere din amestec nu trebuie să depășească 20%. De regulă, marmelada amestec se fabrică din fructe comune, în special mere și prune, în acest caz, proporția de mere trebuie să fie de maxim 70%.

Procesul tehnologic cuprinde următoarele faze:

- prepararea marcului (pastă obținută prin prelucrarea fructelor sau legumelor, utilizată ca materie primă în industria alimentară),

- fierberea (se realizează cu adaos de zahăr și eventual de glucoză care imprimă produsului un luciu caracteristic și previne cristalizarea ulterioară a zahărului); când marmelada a ajuns la 55÷60% s.u. se adaugă acid citric.

- ambalarea (pentru ambalarea marmeladei se pot utiliza diferite tipuri de ambalaje: borcane de sticlă, lădițe de lemn căptușite cu hârtie pergament, ambalaje din materiale complexe). Turnarea în ambalaje se efectuează direct în stare fierbinte.

c). *Jeleurile (pelteaua)* reprezintă produse gelificate, obținute prin fierberea sucurilor de fructe și/sau a extractelor apoase din fructe cu un amestec constând din zahăr, pectină cu sau fără adaos de acid citric. Se prezintă ca geluri transparente care au gustul, aroma și culoarea sucurilor de fructe din care provin.

Procesul tehnologic de fabricare a jeleurilor constă în:

- *fabricarea sucurilor de fructe* (care cuprinde următoarele operații: spălarea fructelor - divizare - fierbere - presare - separarea sucului – limpezire);
- *prepararea jeleurilor* (care implică următoarele operații: alcătuirea șarjelor - fierbere - concentrare - spălarea recipientelor - dozare - închidere - pasteurizare - depozitare.

3.2. Produse negelificate

a). *Dulceața* reprezintă produsul obținut prin fierberea fructelor în sirop de zahăr cu adaos de acid citric și concentrarea produsului. Ea se ambalează în recipiente închise ermetic și pasteurizate. Dulceața se prepară dintr-o singură specie de fructe și poartă denumirea fructului din care provine.

Procesul tehnologic de fabricare a dulceții cuprinde următoarele faze:

- Spălare - sortare - curățare - divizare - operații preliminare specifice (întărirea texturii la fructele moi cu apă de var + CaCl₂ timp de 5 ore, înțeparea la fructele verzi, opărire la fructele tari) -

prepararea dulceții - răcire - spălarea recipientelor - dozare - închidere - pasteurizare - condiționarea recipientelor pline - depozitare.

Prepararea dulceței este faza cea mai importantă din procesul tehnologic și se poate realiza prin mai multe procedee, în funcție de materia primă:

- imersia fructelor în sirop de zahăr concentrat, timp de 2-8 ore. Se aplică fructelor cu textura moale pentru a se evita destrămarea, iar fructelor cu textura tare (fructe verzi) pentru a se evita zbârcirea; după realizarea difuziei zahărului, produsul se concentrează;
- fierberea fructelor în apă și concentrarea prin adaos de zahăr;
- fierberea fructelor în sirop de zahăr concentrat de aproximativ 70 grade refractometrice (în cazul produselor lipsite de zahăr – fructe verzi, petale de flori, gutui etc.);
- concentrarea discontinuă a produsului, care constă în fierberea fructelor cu zahăr sau în sirop de zahăr, cu 2-3 întreruperi de câte 5-10 minute, până la atingerea concentrației finale. În timpul fierberii, care nu trebuie să depășească 20 ÷ 40 de minute în funcție de sortiment, se îndepărtează spuma, se micșorează pH-ul în limita admisă prin adaos de acid citric (până la 1%) și se asigură omogenizarea prin amestecare lentă. Oprirea din fierbere se face în urma controlului refractometric. Răcirea intermediară este esențială deoarece împiedică evoluția spre caramelizare și separarea fructelor la suprafață.

b). *Siropurile* sunt produse obținute prin concentrarea sucurilor de fructe cu zahăr, cu adaos de acid citric și de glucoză. La unele siropuri se mai adaugă acizi organici sau eventuale substanțe naturale (aromatizante, pigmenți, antioxidanți etc.). Se ambalează în butelii de sticlă, închise cu capsule metalice.

Procesul tehnologic se desfășoară în două etape:

- *obținerea sucului de fructe;*
- *prepararea siropului.*

Procedeul tehnologic se poate realiza la cald sau la rece.

Prepararea siropului la cald cuprinde următoarele faze tehnologice: desulfitare (se aplică sucurilor conservate cu dioxid de sulf, prin fierbere la presiune atmosferică sau sub vid) - fierbere - concentrare - spălarea buteliilor de sticlă - dozare - capsulare - depozitare.

Prepararea siropului la rece implică trecerea sucurilor de fructe printr-un strat de zahăr, timp în care se produce dizolvarea zaharozei până la limita de saturare. În acest procedeu nu se pot folosi sucurile conservate cu substanțe chimice. Siropurile produse prezintă o aromă mai evidentă, dar au conținutul în zaharoză instabil, deoarece invertirea nu este suficient de avansată.

c). *Pastele de fructe* sunt produse obținute prin concentrarea marcului de fructe, cu adaos de zahăr, ambalate în recipiente închise și pasteurizate. Pasta de fructe se prepară dintr-o singură specie de fructe sau dintr-un amestec de fructe.

Procesul tehnologic de fabricare a pastelor de fructe cuprinde următoarele faze: alcătuirea șarjelor, desulfitarea marcului, concentrarea, spălarea recipientelor, dozarea, închiderea, pasteurizarea.

d). *Magiunul* reprezintă un produs concentrat (până la 60°Bx) rezultat prin fierberea prunelor, fără adaos de zahăr. Unele șarje de magiun, la care gustul acru astringent este prea pronunțat, pot fi ameliorate cu un adaos de până la 20% zahăr; în acest caz cele 60°Bx sunt depășite (1°Brix = 1 grad zaharometric - corespunde la 1 gram de zaharoză în 100 g soluție).

e). *Fructele confitate* se obțin printr-un proces de saturare osmotică a fructelor cu zahăr, până la un conținut în zahăr al produsului finit de 65-70%. Procesul tehnologic cuprinde: condiționarea materiei prime (sortare, spălare, dozare), opărirea, confierea treptată cu un sirop care conține și coloranți, arome și glucoză (pentru a preveni cristalizarea ulterioară a zahărului).

4. Defecte de fabricație ale produselor conservate cu ajutorul zahărului

4.1. Defecte de fabricație ale produselor gelificate

- *Negelificarea gemului* - poate să apară datorită prelungirii duratei de fierbere până la degradarea pectinei, conținutului insuficient de pectină din fructe, acidității scăzute a fructelor, nerespectării condițiilor de fabricație.

- *Conținutul ridicat de dioxid de sulf* în produsul finit (peste limita admisă de normativele în vigoare) - se datorează aplicării incorecte a operației preliminare obligatorii de desulfurare a semifabricatelor de fructe.

- *Modificările de culoare* - pot să apară datorită timpului îndelungat de fierbere și neomogenizării corespunzătoare a produsului în timpul procesării.

- *Mucegăirea sau fermentarea* - sunt procese provocate de mucegaiuri și drojdii aparținând speciilor osmofile (defectele pot fi evitate prin utilizarea unei materii prime corespunzătoare, închiderea ermetică a recipientelor și respectarea regimului de pasteurizare).

4.2. Defecte de fabricație ale produselor negelificate

- *Caramelizarea dulceții* are loc datorită fierberii prelungite, produsul căpătând un gust amar neplăcut și o culoare închisă.

- *Zaharisirea dulceții* se produce datorită cristalizării zahărului (introducerea de sirop de glucoză în proporție de 10-30% poate preveni sau întârzia în mare măsură zaharisirea, deoarece glucoza frânează formarea centrilor de cristalizare din soluțiile suprasaturate de zaharoză).

- *Destrămarea țesuturilor fructelor cu textură moale* (căpșune, zmeură, mure, fragi) sau aceluia care au depășit stadiul de maturitate (caise, piersici, prune). Pentru eliminarea acestui impediment este indicat să se utilizeze fructe neajunse la maturitate deplină (depozitate o perioadă foarte scurtă de timp), să se evite degradarea pectinei și să se utilizeze o soluție de CaCl_2 0,5% pentru întărirea texturii.

- *Fermentarea dulceții* se datorează unor specii de drojdii osmofile și poate fi prevenită prin pasteurizarea produselor.

CONSERVAREA PRODUSELOR ALIMENTARE PRIN AFUMARE

1. Considerații generale

Afumarea este o metodă de conservare care are la bază **principiile chimioabiozei** (prin acțiunea substanțelor antiseptice din fum) și **xeroanabiozei** (prin deshidratarea parțială a produselor).

Fumul are *acțiune antiseptică*, colorează și conferă luciu produselor alimentare. El prezintă *caracter reducător și acid*.

Fumul se obține printr-o *ardere incompletă (piroliză)* a combustibilului lemnos, pe parcursul căreia au loc reacții de oxidare, condensare și polimerizare. Componentele combustibilului lemnos care intervin în producerea fumului sunt: celuloza, hemiceluloza și lignina.

În urma pirolizei se obțin următoarele substanțe:

- din *celuloză*: acid acetic și omologii săi, cantități reduse de furani și fenoli;
- din *hemiceluloză*: pentozani, hexozani, acid acetic și omologii săi;
- din *lignină*: fenoli, eteri fenolici (2-metoxifenol sau guaiacol, 2,6 – dimetoxifenol sau siringol și derivații lor), radicali metilenici care se transformă prin polimerizare și ciclizare în 3,4-benzpiren.

Din punct de vedere fizic fumul este un *sistem eterogen* (aerosol = aeroemulsie + aerosuspensie) format din două faze:

- *mediul de dispersie* care conține 70÷90% gaze necondensabile (N_2 , H_2 , O_2 , CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_2), vapori de apă (9÷19%) și substanțe organice sub formă de vapori;
- *faza dispersată* constă din substanțe organice sub formă de picături lichide cu diametrul cuprins între 0,08÷0,1μm și particule solide (funingine, rumeguș neurs, cenușă, bucăți de cărbune).

Principalele clase de substanțe organice care intră în compoziția fumului sunt: *acizii organici*, *compușii carbonilici* (aldehide, cetone), *alcoolii*, *fenolii* și *eterii fenolului*, *hidrocarburile aromatice*, *compușii heterociclici*. Un fum bun pentru afumare trebuie să conțină: formaldehidă 25÷40‰, aldehide superioare 140÷180‰, acid formic 90÷125‰, acid acetic și acizi superiori 460÷500‰, fenoli 20÷30‰, cetone 190÷200‰ și gudroane 1‰.

Acizii organici (C_1 ÷ C_6) sunt antiseptici și conferă aromă produsului. Compușii fenolici exercită mai multe funcții în procesul de conservare: sunt antiseptici, intervin în formarea aromei de fum (3-metilguaiacol sau 4-metilguaiacol), inhibă reacțiile de autooxidare, au acțiune bactericidă.

Criteriul prin care se apreciază eficacitatea tehnologică a fumului este densitatea sa optică (adică opacitatea sa).

2. Factorii care influențează compoziția chimică a fumului

Compoziția chimică a fumului depinde de: natura combustibilului lemnos, umiditatea lemnului, temperatura de formare a fumului, aportul de aer.

Natura combustibilului lemnos. O cantitate mare de substanțe cu rol important în afumare se obține prin piroliza lemnului de esență tare (frasin, stejar). În procesul de formare a fumului se urmărește să nu se depășească temperatura de aprindere a ligninei care este de 350÷400°C, deoarece se formează hidrocarburi policiclice cu acțiune cancerigenă. Combustibilul lemnos care conține cantități mari de celuloză și hemiceluloză este mai bun deoarece temperaturile de aprindere ale celulozei (280°C) și hemicelulozei (275°C) sunt situate sub temperatura de formare a hidrocarburilor policiclice cancerigene.

Umiditatea combustibilului lemnos. Prin folosirea unui combustibil cu un conținut mai mare de umiditate se obține un fum cu o concentrație mai mică de fenoli și cu un conținut mai mare de cenușă, funingine, aldehydă formică și acizi organici (formic, acetic, propionic).

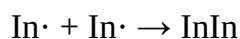
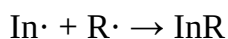
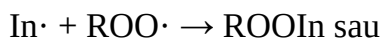
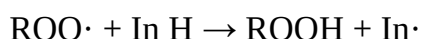
Temperatura de formare a fumului. Fumul trebuie să se formeze la temperaturi mai joase decât temperatura de aprindere a ligninei (350÷400°C). Cu cât temperatura de formare a fumului este mai mare cu atât se formează o cantitate mai mare de hidrocarburi policiclice aromate.

Aportul de aer. În prezența unei cantități mari de aer au loc reacții de oxidare mai intense ale substanțelor din fum, formându-se cantități însemnate de gudron, alcool metilic, hidrocarburi policiclice aromate. Un aport insuficient de aer pentru arderea combustibilului lemnos conduce la formarea unui fum dens (închis la culoare), care înrăutățește calitatea senzorială a produsului afumat. Fumul respectiv conține prea mulți acizi și compuși carbonilici, cu caracteristici gustative nedorite.

3. Acțiunea conservantă a fumului

Acțiunea antiseptică a fumului se datorează existenței fenolilor, aldehydelor și acizilor (C₁÷C₆) din compoziția lui, fenolii fiind substanțele antiseptice cele mai active. Substanțele de afumare din fum au *acțiune bactericidă* atât asupra *microflorei sporulate* (*Bacillus subtilis*, *Bacillus mezentericus*, *Bacillus megaterium*) cât și *asupra microflorei patogene nesporulate* (*Proteus*, *Staphilococcus aureus elastolyticus*, *Escherichia coli*). *Acțiunea bactericidă și bacteriostatică* a fumului are totuși *un caracter selectiv*, nedistrugând unele bacterii sporulate și în general mucegaiurile, care sunt capabile să se dezvolte chiar la suprafața produselor bine afumate.

Acțiunea antioxidantă se datorează fenolilor cu punct de fierbere ridicat (eteri metilici ai omologilor pirogalolului). Dintre aceștia cel mai important este 2,6 – dimetoxifenolul (siringolul). Fenolii intervin ca inhibitori în reacțiile în lanțuite. Ei reacționează cu radicalii liberi formați, transformându-i în hidroxiperoxizi:



Efectul antioxidant se manifestă în special în straturile periferice în care concentrația substanțelor fenolice este mai mare. Acțiunea antioxidantă a compușilor fenolici ai fumului este mai pronunțată pentru carnea de pește datorită prezenței lipidelor cu un grad înalt de nesaturare.

4. Aplicații ale conservării produselor alimentare prin afumare

Conservarea prin afumare se poate aplica pentru produsele din carne și pește, pentru brânzeturi și fructe.

Generatoarele de fum utilizate în industrie se pot clasifica în:

- *generatoare semiautomate* (tip tambur, cu pâlnie tronconică și placă metalică, cu grătar și filtru mecanic, cu arzătoare tubulare de gaze etc.)

- *generatoare automate* (cu alimentare continuă și termoregulator, cu alimentare automată cu transportor melc, cu grătare sub formă de talere conice și agitator cu elice, cu turbină de aer comprimat, cu placă vibratoare etc.).

Afumarea se efectuează industrial, în instalații speciale: camere de afumare simple, cuptoare de afumare tip turn, camere de afumare tip tunel (cu focarele sub cuptorul de afumare), camere de afumare electrostatică.

În funcție de modul de producere a fumului se disting următoarele procedee de afumare:

- în celule de afumare izolate termic, în care se introduce fumul obținut în generatorul de fum, la parametrii determinați (temperatură, umiditate relativă a aerului, viteză de circulație etc.);

- prin depunerea componentelor fumului, în stare ionizată într-un câmp electrostatic de înaltă tensiune timp de 3÷5 minute;

- cu lichide de afumare (prin imersare, injectare, pulverizare sau adaos în compoziție).

Lichidul de afumare se obține prin captarea fracțiunii mijlocii a fumului ce rezultă prin arderea rumegușului de esență tare la 270÷280°C; din acest amestec lipsesc hidrocarburile de tip 3,4-benzpiren, iar principalii componenți sunt fenolii și compușii carbonilici.

În funcție de temperatura fumului se deosebesc mai multe metode de afumare:

- *afumarea cu fum rece* (circa 20°C) este un proces care necesită un timp îndelungat și se folosește pentru unele sortimente de pește și salamuri crude;

- *afumarea cu fum cald* are loc la temperatura de 60°C și este folosită mai mult pentru afumarea slăninii și a peștelui;

- *afumarea cu fum fierbinte* are loc la temperaturi mai mari de 60°C ajungând până la 160°C (în cazul afumării electrostatice).

Procesul afumării cu fum cald poate fi împărțit în trei faze tehnologice: *zvântarea* (când se produce îndepărtarea unei părți din umiditatea superficială), *afumarea propriu-zisă* (are loc depunerea conservanților din fum pe suprafața produsului) și *coacerea* (are loc intensificarea difuziei spre interiorul produsului a componentelor fumului depuse pe suprafața acestuia).

4. Influența afumării asupra calității produselor

Afumarea exercită atât efecte pozitive cât și negative asupra calității produselor alimentare.

Consecințele benefice ale afumării asupra calității produselor sunt:

- conferă aromă specifică (la care contribuie în principal fenolii și compușii carbonilici),

- colorează suprafața produselor de la galben-auriu spre brun. Intensitatea culorii în produsele afumate depinde de natura lemnului folosit, de condițiile de producere a fumului și de caracteristicile produsului. Culoarea de suprafață a produselor afumate se datorează și reacțiilor

de tip Maillard (reacții între grupările aminice ale proteinelor și grupările funcționale carbonilice ale derivaților carbonilici din fum).

- conferă *aspect lucios* produselor afumate datorită compușilor rezultați prin reacția fenolilor cu compușii carbonilici.

Efectele nedorite ale afumării sunt:

- deprecierea calității proteinelor (datorită formării legăturilor transversale dintre lanțurile polipeptidice și aldehida formică din fum) și a lipidelor;

- pierderile de vitamine;

- formarea *melanoidinelor* (ca urmare a reacțiilor de tip Maillard) cu acțiune toxică asupra organismului, când sunt în cantități mari.

- contaminarea cu unele *hidrocarburi policiclice aromatice cancerigene* (ex. 3,4-benzpirenul) și cu alți compuși toxici: aldehidă formică, nitrozofenoli (rezultați prin reacția fenolilor cu azotiții sau cu NO), nitrozamine.

Conținutul în 3,4-benzpiren și repartizarea acestuia depinde de tehnologia aplicată (în timpul afumării tradiționale a peștelui, acest compus se găsește în proporție de 69÷70% în straturile exterioare ale produsului).

Pentru a preveni acumularea de hidrocarburi policiclice aromatice se iau următoarele măsuri:

- se micșorează temperatura de piroliză a combustibilului lemnos;

- se purifică fumul brut evacuat din generator înainte de a fi introdus în incinta de afumare a produselor (conform legislației germane, în produsele afumate nu trebuie să existe mai mult de 1 ppm hidrocarburi policiclice aromatice/kg produs).

CONSERVAREA PRIN ACIDIFICARE

1. Conservarea prin acidificare naturală

Conservarea prin fermentație lactică se bazează pe principiul biologic al *cenoanabiozei*, procedeul fiind denumit *acidocenoanabioză*. **Conservarea prin acidificare naturală**, denumită și **conservare biochimică**, are la bază *acțiunea antiseptică*, în principal, a acidului lactic rezultat prin fermentație lactică. Conservarea este ajutată și de producerea de bacteriocine în mediul de fermentare (proteine produse de unele specii de bacterii care distrug alte specii de bacterii prin blocarea sintezei de proteine), de producerea de H_2O_2 (de către unele specii de bacterii lactice) și de *competiția pentru nutrienți* între bacteriile lactice și cele de alterare.

Substratul fermentativ îl formează *zaharurile simple* (hexoze și pentoze). Procesul de fermentație se produce sub acțiunea *microflorei epifite* de pe produsele supuse fermentării și reprezintă un fenomen complex, însumând în afară de *fermentația principală lactică* și *fermentații secundare*: alcoolică, acetică, propionică, butirică.

Fermentația lactică se utilizează la obținerea unei game diverse de produse alimentare cum sunt:

- produsele lactate acide (iaurt, lapte bătut, kefir, cumas);
- smântâna;
- brânzeturile;
- produsele vegetale murate (varza, castraveții, gogonelele, măslinile, pepenii verzi);
- unele sucuri de legume și fructe fermentate lactic;
- băuturi din făinuri și subproduse cerealiere (borș, bragă).

Microorganismele care produc fermentația lactică sunt denumite **fermenți lactici** și sunt constituite din **bacterii lactice**. Acestea se împart în două grupe:

- *bacterii lactice homofermentative* care transformă glucidele numai în acid lactic.



- *bacterii lactice heterofermentative* care, în afară de acid lactic, formează diverși produși secundari (acid acetic, alcool etilic, manitol) și gaze (CO₂, H₂).



1.1. Conservabilitatea produselor vegetale

1.1.1. Fazele fermentației lactice

Fermentația lactică se desfășoară în următoarele etape:

- *faza preliminară*, în care predomină *bacteriile lactice heterofermentative* *Leuconostoc Mezenteroides*. În faza preliminară are loc transformarea glucidelor în acid lactic, acid acetic, alcool etilic, manitol, CO₂. Se creează astfel un mediu anaerob, prielnic dezvoltării bacteriilor lactice homofermentative, dar nefavorabil microorganismelor aerobe (unele specii de drojdii, bacterii acetice etc.). Faza preliminară este caracterizată printr-o fermentație destul de violentă însoțită de o degajare mare de gaze (CO₂, H₂, etc.). Durează 2-3 zile, conținutul în acizi ajungând la 0,7 ÷ 1%. Temperatura optimă a acestei faze de fermentație este cuprinsă între 20 și 25°C. La sfârșitul fazei preliminare bacteriile lactice heterofermentative își încetează activitatea, fiind inhibitate de scăderea pH-ului și de propriile produse de dezasimilație (acizi, alcooli).

- *faza primară (fermentația propriu-zisă)*, în care predomină *bacteriile lactice homofermentative* (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*) comparativ cu bacteriile heterofermentative (*Lactobacillus brevis* și *Leuconostoc mezenteroides*). În această etapă sunt fermentate glucidele rămase nefermentate în prima fază, inclusiv manitolul format în faza anterioară. *Fermentația propriu-zisă* se mai numește *fază principală* sau *prelungită* și durează 21 ÷ 30 zile, în funcție de: concentrația saramurii, temperatura de fermentare, natura produsului, gradul de anaerobioză rezultat etc. Această etapă necesită de regulă temperaturi mai scăzute (15 - 20°C) și aerare (*pritocire*). *Fermentația primară* se consideră terminată când pH-ul mediului ajunge la 3,8 - 4,1 (aciditatea totală – lactică și acetică – este de circa 2%). În ultima parte a fazei primare *bacteriile lactice homofermentative* *Lactobacillus plantarum* și *Lactobacillus cucumeris*, având o rezistență slabă față de acidul lactic, dispar la rândul lor, spre a face loc *bacteriei lactice heterofermentative* *Lactobacillus pentoaceticus*. Aceasta desăvârșește acțiunea începută de grupele precedente de microorganisme producând din nou acid lactic, acid acetic, alcool etilic, manitol, CO₂, H₂.

Dozarea corectă a NaCl și temperatura optimă (18 ÷ 21°C) permit parcurgerea acestor două faze în cca. 30 de zile. *Pritocirea* favorizează dezvoltarea bacteriilor lactice (aerobe) și *frânează*

dezvoltarea bacteriilor anaerobe (*propionice* și *butirice*), care consumă cu prioritate glucidele formând acid butiric cu miros neplăcut. Vânturarea sau pritocirea se realizează la intervale de 3÷4 zile în cazul bazinelor și de câte ori este necesar la vasele care au capacitate mai mică.

Fermentația este considerată terminată atunci când aciditatea titrabilă nu mai crește într-un interval de 10 zile. Depozitarea produsului se face la o temperatură mai mică de 10°C. În unele cazuri pentru mărirea conservabilității, se adaugă benzoat de sodiu 0,1% (1 g/ kg).

Dacă fermentația continuă, calitatea produselor se înrăutățește, etapele cu influențe negative fiind:

- *faza secundară*, care constă în fermentarea zaharurilor reziduale de către drojdii, în condițiile în care bacteriile lactice sunt inhibitate în dezvoltarea lor de pH-ul scăzut. În acest caz se ajunge la o oarecare tulbureală a zemii.
- *faza de postfermentare*. Dacă produsele vegetale bine fermentate se țin în recipiente închise ermetic, ferite de aer și lumină, acestea se pot păstra foarte bine. Atunci când recipientele sunt deschise, produsele se pot infecta la suprafața saramurii cu drojdii, mucegaiuri și bacterii aerobe. Acestea consumă acidul lactic, creând condiții pentru dezvoltarea bacteriilor aerobe de alterare. Mucegaiurile sunt deosebit de periculoase deoarece secretă *poligalacturonaze*, enzime care afectează consistența produselor conservate prin acidifiere naturală (înmuierea castraveților și măslinelor verzi).

1.1.2. Factorii care influențează desfășurarea fermentației

Principalii factori care influențează *acidifierea naturală* a produselor vegetale sunt:

- *adaosul de sare*
 - favorizează dezvoltarea unui anumit tip de bacterii lactice (halotolerante);
 - previne înmuierea produselor;
 - extrage prin difuzie sucule celular care conține, printre altele, zaharuri fermentescibile, extracția fiind mai mare în cazul verzei tocate.
- *temperatura de fermentare*: Intervalul de temperatură pentru fermentarea legumelor este cuprins între 15 ... 35°C (de obicei temperatura optimă este cuprinsă între 15 ... 20°C) și depinde de culturile predominante din timpul fermentării. La sfârșitul fermentației lactice, temperatura trebuie să fie mai mică de 5°C pentru castraveți și mai mică de 14°C pentru varză, pentru a se împiedica alte tipuri de fermentații (în principal fermentația butirică) și alterarea putrefactivă;
- *aditivii de natură chimică*. Acidul benzoic, acidul sorbic, bisulfitul de potasiu se pot adăuga la terminarea fermentației lactice pentru a împiedica dezvoltarea drojdiilor și mucegaiurilor la suprafața lichidului de fermentare (saramurii), o dată ce recipientele au fost deschise;
- *prezența aerului și a luminii*. Pentru a avea o fermentație lactică normală este necesar să se creeze un mediu anaerob, care defavorizează dezvoltarea drojdiilor, mucegaiurilor și bacteriilor acetice, dar favorizează dezvoltarea bacteriilor propionice și a bacteriilor butirice împotriva cărora se acționează prin vânturarea (pritocirea) zemii, mai ales la sfârșitul fazei primare de fermentație lactică.
- *pH-ul mediului*. Pentru o păstrare pe o perioadă mai lungă de timp a conservelor de legume fermentate acestea trebuie să aibă pH-ul mai mic decât 4.

La fermentarea produselor vegetale se utilizează și produse pentru condimentare (pentru aromatizare) cum ar fi: mărar uscat, frunze de vișin, frunze de stejar, muștar, hrean, usturoi ce conțin *fitoncide* (antibiotice naturale) și *substanțe tanante* care acționează mai ales asupra microflorei de alterare.

1.1.3. Tehnologia conservării produselor vegetale prin acidifiere naturală

Fazele tehnologice principale ale conservării biochimice sunt: *recepția, sortarea, curățirea/fasonarea, spălarea, calibrarea, operații specifice (crestarea, tocarea etc.), pregătirea vaselor pentru fermentare, pregătirea saramurii, încărcarea vaselor, adăugarea saramurii și a condimentelor, acoperirea vaselor, fermentarea, pritocirea, controlul fermentării/ oprirea fermentării, condiționarea și depozitarea.*

Prin *sortare* (semimecanică) se îndepărtează legumele crăpate, alterate, înghețate, necorespunzătoare sau improprii pentru murat. *Curățirea* constă în îndepărtarea codițelor de la castraveți, a frunzelor exterioare și a cotoarelor de la varză etc. *Spălarea* se execută mecanic. *Calibrarea* asigură o fermentare omogenă. Operațiile specifice (crestarea, tocarea în tăiței) se aplică mai ales la varză, în funcție de sortimentul produs.

Capacitățile de fermentare pot fi, în ordinea mărimii: *bidoane din material plastic, butoaie/ budane de lemn* sau chiar *bazine din beton* (pentru capacități industriale). Înaintea folosirii ele sunt condiționate și igienizate. Pentru bazinele din beton este necesară protecția antiacidă a pereților (strat chimic inert din 30% bitum, 30% colofoniu, 40% parafină sau din rășini epoxidice, aplicate prin procedee specifice).

În instalațiile industriale de fermentare lactică, saramura se prepară sub formă de *soluție suprasaturată*, care conține cca. 36 kg NaCl la 100 litri apă (25°C) sau 39 kg NaCl la 100 de litri apă (100°C). Soluția concentrată se stochează în rezervoare de inox și în funcție de cerințe poate fi diluată la anumite concentrații impuse de procesul tehnologic. Pentru calculul diluțiilor saramurii suprasaturate se utilizează densimetrul Baumé și tabelele aferente.

Legumele, cât mai uniforme, se introduc în straturi compacte, cu spații libere cât mai mici. Pentru bazine se folosesc macarale suspendate cu șină (monorai), care manipulează lăzile cu legume. Condimentele specifice, în funcție de sortiment se adaugă în trei zone: pe fundul vaselor de fermentare, la mijloc și la suprafață. Pentru a menține legumele cufundate în lichidul de fermentare, se instalează grătare de lemn. Adăugarea saramurii se face cu ajutorul unei pompe până la acoperirea grătarelor. Periodic, în primele zile, se controlează nivelul și se fac completările necesare cu saramură proaspătă. Acoperirea suprafeței lichidului cu o folie de polietilenă frânează dezvoltarea drojdiilor peliculare. O sterilizare superficială bună se realizează cu radiațiile ultraviolete.

1.2. Conservarea laptelui

Conservarea laptelui prin metode biochimice are la bază *acțiunea acidului lactic produs prin fermentație lactică*. Substratul fermentativ îl formează lactoza. Procesul de fermentație se produce sub acțiunea *microflorei spontane a laptelui* sau a unei *culturi de bacterii selectionate* care aparțin următoarelor grupe: *streptococi lactici, lactobacili, leuconostoci*. Principalele

sortimente de produse lactate acide care se fabrică în prezent în cantități mari în țara noastră prin fermentarea controlată a laptelui sunt: iaurtul, laptele bătut și chefirul.

Conservabilitatea produselor lactate acide este asigurată prin acumularea de acid lactic într-o cantitate suficient de mare astfel încât pH-ul să scadă la o valoare care să prevină dezvoltarea microorganismelor dăunătoare.

2. Conservarea prin acidificare artificială (marinarea)

Conservarea prin acidificare artificială are la bază *principiul acidoanabiozei și se realizează cu ajutorul acidului acetic sub formă de oțet*, la care sunt adăugate NaCl, zahăr și diferite condimente *cu acțiune bacteriostatică și bactericidă*.

Prin acoperirea produselor alimentare cu soluție acidă se evită dezvoltarea bacteriilor și contaminarea cu germenii existenți în mediul exterior.

Procesul tehnologic include următoarele faze: recepția, sortarea, spălarea, curățarea, fierberea, divizarea, pregătirea vaselor de conservare, prepararea soluției de oțet, introducerea produsului în vase, adăugarea soluției de oțet, depozitarea.

Materia primă prelucrată industrial aparține următoarelor specii: castraveți, ardei (Kapia, iuți), gogoșari, varză roșie, sfeclă roșie, conopidă, dovlecei.

Acțiunea conservantă a acidului acetic este dependentă de:

- *concentrația în acid acetic*: în concentrații reduse (circa 0,3%) acidul acetic stimulează creșterea microorganismelor și în special a mucegaiurilor, servind ca sursă de nutriție hidrocarbonată; în concentrații mai mari cuprinse între 0,6 și 4% acidul acetic exercită o acțiune bacteriostatică, iar la concentrații mai mari de 4% acțiunea sa poate fi bactericidă;

- *specia de microorganisme*: bacteriile sunt puțin rezistente în mediu acid. În concentrații de până la 4%, acidul acetic inhibă dezvoltarea *bacteriilor saprofite* (bacterii care trăiesc pe corpuri organice în descompunere). La concentrații de acid acetic cuprinse între 4 și 6% sunt distruse *formele nesporogene*, iar la concentrații mai mari de 6% sunt distruși și *sporii*. Mucegaiurile și drojdiile au o rezistență mai mare în mediu acid.

- *pH-ul produsului alimentar*: Acțiunea conservantă a acizilor organici se datorează mai ales moleculei nedisociate care pătrunde mai ușor prin membrana celulară.

- *concentrația de NaCl și zahăr*. Aceste două substanțe potențează efectul conservant al acidului acetic. Spre exemplu sporii unor bacterii, deși rezistă la concentrații de 6% acid acetic sunt distruși mai repede dacă în soluție se adaugă și clorură de sodiu.

Acidul acetic este utilizat ca agent de conservare la:

- *fabricarea semiconservelor de pește* denumite “marinate” (concentrația de acid acetic necesară este de 4%).

- *obținerea unor conserve vegetale* cum ar fi: castraveți în oțet, gogoșari în oțet, varză roșie în oțet, ardei capia în oțet, ardei iuți în oțet, conopidă în oțet, hrean în oțet etc. Pentru că la aceste produse oțetul nu asigură protecție față de drojdii și mucegaiuri, *conservarea prin marinare se dublează cu conservarea prin pasteurizare / sterilizare termică*.

- *conservarea maionezelor* (emulsii inverse de tip A/U); la acțiunea conservantă contribuie și muștarul și faptul că maionezele au un conținut redus de apă și ridicat de ulei.

2.1. Tehnologia semiconservelor de pește în oțet

Semiconservele de pește sunt produse conservate cu *sare*, *oțet*, *zahăr* sau prin alte metode. Acestea se deosebesc de conservele propriu-zise deoarece *nu sunt sterilizate* și au o durată de păstrare limitată, care depinde de procedeul de conservare întrebuintat și de condițiile de depozitare.

Semiconservele se pot împărți în:

- semiconserve de pește în oțet (marinate);
- semiconserve de pește în ulei;
- semiconserve de pește speciale (fără oțet și fără ulei).

Semiconservele de pește în oțet se obțin prin prelucrarea peștelui în oțet în care se adaugă *sare*, *zahăr*, *condimente* (boia de ardei iute, boabe de muștar, coriandru, foi de dafin, piper, scorțișoară) și uneori *legume* (ceapă, morcovi, castraveți murați).

Peștele folosit este supus următoarelor operații: decongelare sau desărare, îndepărtarea solzilor, îndepărtarea capului, eviscerare, porționare, spălare, prelucrare în oțet.

Datorită acțiunii acidului acetic asupra substanțelor proteice carnea capătă o culoare albă și devine mai fragedă, mai transparentă și mai succulentă. *Concentrația maximă a acidului acetic în soluțiile folosite pentru conservare este de 6%*, deoarece *peste această limită produsele sunt prea acre*. Pentru albirea cărnii de pește se utilizează uneori apă oxigenată.

Marinatele de pește se clasifică în: marinate reci, fierse și prăjite.

Marinatele reci se pot prepara din pește sărat sau din pește proaspăt. Dacă se folosește ca materie primă peștele sărat frăgezirea se face cu o soluție de acid acetic de maximum 6%, în timp ce în cazul utilizării peștelui proaspăt frăgezirea se face cu o soluție conținând 8% sare și 6% acid acetic. Temperatura optimă de frăgezire este de $8 \div 15^{\circ}\text{C}$, iar durata de $2 \div 7$ zile. La ambalarea peștelui frăgezit se folosește un lichid de adaos conținând 4% acid acetic.

Marinatele fierse se prepară din pește proaspăt care se spală într-o soluție de NaCl de concentrație $1 \div 2\%$, se fierbe într-o soluție conținând 6% sare și 4% acid acetic, se răcește, se așează în recipiente și se acoperă cu o soluție caldă de gelatină alimentară, acid acetic și sare.

Marinatele prăjite se prepară din pește prăjit în ulei sau în amestec de ulei și seu, peste care se toarnă o soluție de 6% sare și 5% acid acetic sau un sos condimentat.

2.2. Tehnologia murăturilor în oțet

Se conservă în oțet castraveții, gogoșarii, sfecla roșie, conopida, morcovii etc., ponderea cea mai mare având-o castraveții. Prelucrarea legumelor cuprinde următoarele operații: recepția, spălarea, sortarea pe mărimi, calibrarea, așezarea în recipiente, adăugarea lichidului de umplere, închiderea recipientelor și pasteurizarea lor.

Lichidul de umplere conține: oțet alimentar ($6 \div 9\%$), sare ($2 \div 3\%$ din masa legumelor), zahăr ($2 \div 5\%$ din masa legumelor), diferite condimente (boabe de muștar, piper, foi de dafin, tarhon). Pentru a se asigura conservarea legumelor, concentrația finală a acidului acetic (la calculul căreia trebuie să se țină seama de apa conținută de legume) trebuie să fie de $2 \div 3\%$.

3. Conservarea prin acidificare mixtă

Se poate realiza și o acidificare mixtă, în sensul că se face o fermentație lactică incompletă (până la 0,8 % acid lactic), urmată de o acidificare artificială acetică până când aciditatea totală a produsului finit exprimată în acid acetic este de 3%. Conservarea prin acidificare mixtă duce la obținerea unor produse cu calități organoleptice superioare, care îmbină atât calitățile produselor fermentate lactic cât și a celor conservate cu oțet.

CONSERVAREA PRODUSELOR ALIMENTARE PRIN FERMENTAȚIE ALCOOLICĂ

1. Conservarea băuturilor alcoolice

Conservarea prin fermentație alcoolică se bazează pe principiul *cenoanabiozei*, procedeul fiind denumit *alcoolcenoanabioză*.

Fermentația alcoolică este un proces biochimic anaerob de oxido-reducere care constă în transformarea enzimatică a *zaharurilor fermentescibile* (glucoză, fructoză, galactoză, zaharoză, maltoză etc.) sub acțiunea unor *drojdii* și *enzime*. Prin metabolizarea glucidelor se formează alcool etilic și dioxid de carbon ca produși principali de reacție, iar ca produși secundari: glicerină, acetonă, butilenglicol, metanol, alcoolii superiori (izobutilic, amilic și izoamilic), acizi (piruvic, acetic, lactic, malic, succinic, citric etc.), diferiți esteri, aldehyde etc.

Materiile prime folosite la fabricarea alcoolului etilic și a băuturilor alcoolice pot fi clasificate în:

- *materii prime amidonoase*: cereale (orez, orz, grâu, secară, porumb, sorg), cartofi, castane sălbatice - fermentația alcoolică este posibilă numai după hidroliza amidonului la zaharuri fermentescibile (maltoză, glucoză). Hidroliza amidonului se poate realiza cu preparate enzimatice microbiene (când se obțin maltoză și glucoză) sau cu malț verde (când se obțin maltoză, glucoză dar și dextrine).
- *materii prime care conțin zahăr fermentescibil*: sfecla și trestia de zahăr, melasa, struguri, fructe, tescovine dulci;
- *materii prime cu un conținut ridicat de inulină și de lichenină*: nap porcesc, tuberculi de topinambur, rădăcini de gherchină, mușchi de Islanda;
- *materii prime celulozice*: paie, coceni, ciocălăi, tulpini de floarea soarelui, vrejuri de mazăre, fasole, soia, deșeuri de lemn (rumeguș, talaș), care înainte de fermentația alcoolică sunt supuse unei *prehidrolize*. Prin *hidroliza chimică/enzimatică* a celulozei se formează *celobioză* (conține două molecule de glucoză legate 1,4-β-glicozidic) și alte *celodextrine* (care conțin 3, 4, 5 și respectiv 6 molecule de glucoză legate 1,4-β-glicozidic).
- *zerul rezultat de la fabricarea brânzeturilor* (cu un conținut de 4,7% lactoză) – În acest caz agenții de fermentare sunt drojdiile din genul *Kluyveromyces*, producătoare de lactază;

Obținerea prin *biosinteză* a alcoolului etilic presupune transformarea polizaharidelor în zaharoză și maltoză. În cazul utilizării ca materii prime a fructelor dulci și a melasei prin hidroliza zaharozei rezultă glucoză și fructoză, iar în cazul utilizării materiilor prime amidonoase prin hidroliza maltozei se obține glucoză. Glucoza și fructoza sunt ulterior hidrolizate enzimatic în alcool etilic.

Glucidele direct fermentescibile sunt formele dextrogire ale *glucozei* și *fructozei* și în mai mică măsură ale *galactozei*.

Diglucidele (zaharoza, maltoza, celobioza, lactoza) sunt hidrolizate de către enzimele drojdiilor în glucide simple. Drojdiile nu pot hidroliza enzimatic *poliglucidele* deoarece nu produc amilaze/celulaze. De aceea este necesară zaharificarea prealabilă a acestora.

Substraturile naturale care conțin poliglucide (amidon, celuloză) sunt hidrolizate în prealabil pe cale chimică sau enzimatică, până la obținerea zaharurilor direct fermentescibile.

Principalele *specii de drojdii implicate în fermentația alcoolică* din industria alimentară sunt:

- *drojdii de spirt sau de panificație* – *Saccharomyces cerevisiae*;
- *drojdii de bere* – *Saccharomyces uvarum* (*carlsbengensis*);
- *drojdii pentru fabricarea vinului și a șampaniei* – *Saccharomyces elipsoideus*, *Saccharomyces oviformis*, *Saccharomyces bayanus*.

După proprietățile fizice, *levurile* se împart în două grupe: *de fermentație inferioară* și *de fermentație superioară*.

Drojdiile de fermentație inferioară au o activitate optimă la temperaturi de $7 \div 15^{\circ}\text{C}$. Ele formează flocoane și sedimentează la partea inferioară a tancului de fermentație primară de unde sunt recoltate. Acestei grupe îi aparțin *levurile pentru vin, bere, cidru* (*Saccharomyces vini*, *Saccharomyces oviformis*, *Saccharomyces carlsbengensis*, *Saccharomyces uvarum*).

Levurile de fermentație superioară au o activitate optimă la temperaturi cuprinse între $26 \div 30^{\circ}\text{C}$. Ele se acumulează la suprafața tancului de fermentație (sub forma unui strat gros de spumă) de unde sunt recoltate. Din această grupă de drojdii fac parte *levurile pentru obținerea alcoolului etilic, pâinii și unele sușe pentru bere* (*Saccharomyces cerevisiae*).

Cele mai importante *enzime* implicate în procesul de fermentație alcoolică sunt:

- *invertaza sau zaharaza* (β - fructofuranozidază) – scindează *zaharoza* în α -*glucoză* și β -*fructoză*;
- *maltaza* (α - glucozidaza) – scindează *maltoza* în *glucoză*;
- *celobiaza* scindează *celobioza* în α -*glucoză*;
- *lactaza* hidrolizează *lactoza* la β -*glucoză* și β -*galactoză*.
- *zimaza* – transformă *glucoza* și *fructoza* în *alcool etilic* și *bioxid de carbon*.

Fermentația alcoolică poate fi:

- *spontană*, când se desfășoară sub acțiunea microorganismelor prezente pe sau în produsele care sunt fermentate (*microflora epifită*);
- *dirijată*, atunci când se folosesc culturi de microorganisme selectate (drojdii) care manifestă activitate maximă de fermentație.

Ea intervine la obținerea unor produse alimentare cum ar fi: băuturi alcoolice, produse lactate acide (kefir, iaurt); produse fermentate pe bază de zer.

Eficiența conservării prin fermentație alcoolică se datorează în principal conținutului de alcool etilic rezultat, dar și procesării ulterioare a produselor prin pasteurizare, sterilizare, microfiltrare și respectarea condițiilor de depozitare la temperaturi relativ scăzute.

Gradul de conservabilitate este diferit în funcție de tipul produsului alimentar:

- *mare pentru băuturile alcoolice tari* cu 25-70% alcool: rachii naturale obținute din fructe (țuica de prune, rachiiurile din fructe); rachiiurile naturale obținute din subprodusele de la

vinificație (rachiul de vin, rachiul de drojdie, rachiul de tescovină); distilatele superioare de vin (cognac, armagnac, brandy); băuturile alcoolice tari obținute din cereale (whisky, rom, gin); rachiurile industriale simple; rachiurile industriale aromate (rom industrial, gin industrial, rachiuri de vișine, caise, portocale); lichiorurile.

- *relativ mare* pentru vin, bere pasteurizată;
- *mediu* pentru cidru, sake;
- *foarte redus* pentru kefir și cumas.

1.1. Conservarea băuturilor moderat alcoolice (vinurilor)

Aprecierea calității vinurilor se face prin intermediul *caracteristicilor psihosenzoriale* (culoarea, mirosul, buchetul, gustul și limpiditatea) și *fizico-chimice* (conținutul de alcool, conținutul de zahăr, aciditatea totală și aciditatea volatilă). *Depozitarea vinului* se face în încăperi sau pivnițe curate, aerisite, cu temperatura cuprinsă între 5...15°C și umiditatea relativă a aerului de maxim 75%.

Conservarea vinurilor presupune *inactivarea/îndepărtarea microorganismelor* (bacterii *aerobe* și *anaerobe*, *drojdii*) care pot deprecia până la alterare vinul, afectând culoarea, limpiditatea, mirosul, gustul etc.

Principalele boli produse de *microorganismele aerobe* sunt *floarea vinului* și *oțetirea*. Apariția lor este strâns legată de excesul de aer existent la suprafața vinului. În evoluția rapidă a acestor boli, un rol important îl au: neefectuarea la timp a plinului la vasele cu vin (mai ales la cele de lemn), cantitatea insuficientă de dioxid de sulf din vin, tăria alcoolică mai mică a unor vinuri (8,5 – 10,5 % vol.alc.), păstrarea vinurilor la temperaturi mai mari de 12 – 14°C etc.

Oțetirea vinului (acrirea vinului) este produsă de *bacteriile acetice* (bacterii *strict aerobe*), aparținând genului *Acetobacter*. *Bacteriile acetice* se dezvoltă la suprafața vinului în contact cu aerul și formează depuneri pe suprafața vasului.

Floarea vinului este provocată de *drojdii* care trăiesc la suprafață, în special din genul *Candida mycoderma*, dar și din genurile *Hansenula* și *Pichia*. Ele se multiplică cu repeziciune la suprafața vinului, formând mai întâi mici insule peliculare de culoare albicioasă, ca niște flori (de unde și numele bolii). Insulele se măresc repede, unindu-se și formând o peliculă albă, care se îngroașă pe măsura trecerii timpului. Când grosimea peliculei (a straturilor de celule) este prea mare, aceasta se rupe și cade încet la fundul vasului. În locul ei se formează, în același mod, altă peliculă și așa mai departe, procesul continuând atâta timp cât condițiile o permit.

Bacteriile anaerobe sunt implicate în apariția unor deprecieri ale vinului cum sunt:

- *acrirea lactică* (datorată acțiunii *bacteriilor lactice heterofermentative*);
- *gustul acru-dulce neagreabil* specific *fermentației manitice* (manitolul și zahărul rezidual conferă gustul de dulce, iar acidul acetic pe cel de acru); *manitarea vinului* apare în special la vinurile roșii, la care fermentația s-a oprit din cauza unor temperaturi excesive de peste 38°C. Microorganismele responsabile de această depreciere a vinului sunt bacteriile lactice care transformă fructoza în manitol. Nu există mijloace de tratare ci numai de prevenire.
- *gust amar (amăreala vinurilor – fermentația glicerinei)* datorită descompunerii enzimactice a glicerinei și formării acroleinei cu gust amar și miros neplăcut;

- *turbureală, înnegrire, îmbrunare la aer, gust fad*, datorită descompunerii acidului lactic în acid acetic și CO₂ („boala tourne”).
- *înăcrirea lactică* sau *borșirea vinului* apare atunci când fermentația alcoolică s-a oprit datorită temperaturilor ridicate, înainte ca întregul conținut de zahăr să se fi transformat. Microorganismele responsabile de aceste modificări sunt *bacteriile lactice*.
- *băloșirea vinului* este provocată de anumite specii de bacterii lactice cărora li se pot asocia și bacteriile acetice; vinul se tulbură și capătă un aspect vâscos, de consistență mucilaginoasă.
- *fermentația malo-lactică* este un proces biochimic prin care acidul malic din vin se transformă în acid lactic și CO₂ sub acțiunea bacteriilor lactice din vin.

Principalii factori care intervin în conservabilitatea vinurilor sunt: conținutul de *alcool etilic*, *polifenoli* și *dioxidul de sulf* prezent în vin.

Alcoolul etilic conținut de un vin poate varia între 7÷16% v, în funcție de compoziția mustului și de tehnologia aplicată. Conservarea este cu atât mai eficientă cu cât conținutul de alcool etilic este mai mare. Alcoolul etilic are rol în conservare datorită următoarelor efecte pe care le poate produce:

- scăderea activității apei datorită modificării raportului apă/alcool prin creșterea cantității de alcool;
- denaturarea proteinelor membranei celulare și a unor componente celulare;
- deshidratarea celulară pe seama denaturării proteinelor;
- blocarea grupărilor – COOH ale proteinenzimelor datorită esterificării lor cu alcool etilic.

Polifenolii din vin sunt componenți care aparțin unor clase diferite de substanțe chimice și anume:

- polifenoli simpli (acizi hidroxibenzoici și hidroxicinamici);
- flavonoli (camferol, quercitină, miricetină);
- antocianidine și proantocianidine (pelargonidină, cianidină, malvidină etc., respectiv catehină, galocatehină);
- taninuri condensate (pirocatechinice, pirogalice).

Polifenolii asigură conservabilitatea vinurilor prin:

- *efectul bacteriostatic* (inhibă în special dezvoltarea bacteriilor Gram (+)) sau prin *efectul bactericid* în funcție de tipul de microorganisme și de pH. pH-ul acid potențează activitatea antibacteriană;

- *acțiunea antioxidantă* (prin inhibarea activității enzimelor de oxidare și complexarea metalelor).

Anhidrida sulfuroasă SO₂ se poate găsi în stare liberă sau legată (SO₃H) de substanțe care conțin funcții aldehydice și cetonice, cele două fracțiuni găsindu-se într-un echilibru care asigură conservabilitatea vinurilor dacă acestea se păstrează la 0÷30°C și sunt protejate împotriva oxidărilor.

Efectul conservant al dioxidului de sulf se explică prin:

- *acțiunea antiseptică în raport cu drojdiile, mucegaiurile și bacteriile* (se manifestă prin inhibarea creșterii bacteriilor și frânarea fermentației lactice și acetice).
- *prevenirea oxidării intense a anumitor polifenoli* și a substanțelor de aromă;
- *împiedicarea oxidării enzimatică a vinurilor*;

1.2. Conservarea băuturilor slab alcoolice

1.2.1. Conservarea berii

Berea este o băutură slab alcoolică ($3 \div 4,5\%$ vol. alcool etilic) obținută prin fermentarea cu drojdie a unui must fabricat din malț, apă și hamei. Malțul se poate înlocui parțial cu cereale nemălțificate (porumb, orz, brizură de orez etc.).

Deoarece este o băutură nutritivă slab alcoolică, berea prezintă o stabilitate limitată, fiind predispusă la alterare. În funcție de natura cauzelor care o provoacă, alterarea poate fi biologică sau fizico-chimică. Berea se poate deprecia ușor sub acțiunea unor *drojdii* (implicate în turbureala berii, în producerea de mirosuri neplăcute și în modificarea gustului), a unor *bacterii Gram (+)* (care produc turbiditate și mirosuri neplăcute) și a unor *bacterii Gram (-)* (care determină creșterea acidității, turbureală, apariția unor pelicule superficiale, modificarea culorii, modificarea gustului).

Prin fermentarea mustului rezultă o serie de compuși chimici (*alcooli, esteri, compuși carbonilici, compuși cu sulf*) cu rol în conservarea berii.

Principalii factori care contribuie la păstrarea calității berii pe termen scurt sunt:

- *alcoolul etilic* din bere, în conținut relativ redus ($4 \div 7\%$ vol.);
- *compușii fenolici* din malț și hamei, *acizii amari din hamei* (α și β) cu efect bacteriostatic/bactericid asupra unor microorganisme (*Escherichia coli*, stafilococi, streptococi);
- *alți acizi organici*: citric, acetic, malic, lactic, piruvic ș.a.;
- CO_2 dizolvat și CO_2 sub formă de gaz situat în spațiul liber de sub capac;
- *pH-ul berii* de $4 \div 4,4$ în funcție de cerealele utilizate.

Berea nepasteurizată are stabilitate redusă (12 zile, în condiții de refrigerare); berea pasteurizată poate fi păstrată timp de 60 zile, iar cea sterilizată timp de un an.

1.2.2. Conservarea cidrului (vinului de fructe)

Cidrul se obține, de regulă, prin fermentarea mustului de mere, dar poate fi preparat și din alte fructe (coacăze, cireșe, și din amestec de suc de mere și de pere etc). Perele singure se folosesc mai rar pentru cidru și numai în cazul unor soiuri bogate în acizi și tanin, componente care contribuie la precipitarea substantelor pectice și la limpezirea mustului. Cidrul care se consumă imediat poate avea $3,5 \div 5\%$ alcool, însă cel destinat păstrării trebuie să conțină $6 \div 7\%$ alcool și $0,8\%$ aciditate. Deoarece din zahăr, prin fermentare, rezultă 46% alcool, mustul pentru un cidru de bună calitate trebuie să conțină $12 \div 14\%$ zaharuri. Cidrul dulce se obține prin fermentarea lentă a mustului și tăierea lui înainte de transformarea totală a zahărului în alcool; se păstrează greu. Cidrul sec se obține prin fermentarea rapidă și completă a mustului. Se păstrează în damigene sau în butoaie, în pivnițe uscate, la temperatura de $8 \div 10^\circ\text{C}$.

2. Conservarea produselor lactate acide obținute prin fermentație lactică și alcoolică

Principalele produse lactate acide obținute în urma unui dublu proces fermentativ (fermentație lactică și fermentație alcoolică) sunt kefirul și cumasul.

Chefirul

Culturile folosite la prepararea chefirului sunt formate din granule de cazeină pe suprafața cărora se găsesc *bacteriile lactice* (*streptococci* și *lactobacili*) care produc fermentația lactică și drojdiile

(specia *Torula kefirii*) care produc fermentația alcoolică (în urma căreia se formează alcool și bioxid de carbon). Produsele rezultate prin fermentația lactică și respectiv fermentația alcoolică și respectarea temperaturilor de refrigerare sunt factorii care asigură conservabilitatea chefirului.

Cumasul

Pentru obținerea cumasului se folosesc culturi pure de *lactobacili* (*Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*) și *drojdii lactice* (*Saccharomyces lactis*). Conservarea acestui produs se datorează acidului lactic produs prin fermentarea lactozei de către bacteriile lactice, alcoolului etilic și temperaturilor scăzute de depozitare ($\approx 4^{\circ}\text{C}$).

CONSERVAREA CU AJUTORUL SUBSTANȚELOR ANTISEPTICE

Substanțele antiseptice (conservanții chimici) au rolul de a:

- *inhiba dezvoltarea bacteriilor patogene* (clostridii, salmonelle, stafilococi) și *a mucegaiurilor* (efect bacteriostatic și fungistatic) sau de a le *distruge* (efect bactericid și fungicid) în funcție de concentrația folosită;
- *inactiva anumite sisteme enzimatice* implicate în metabolismul microorganismelor;
- *stopa producerea toxinelor* de către microorganisme.

Ele pot acționa asupra peretelui celular, membranei citoplasmatică, enzimelor metabolice, sintezei proteinelor sau asupra sistemelor genetice.

Pentru a putea fi folosite substanțele antiseptice trebuie să îndeplinească o serie de condiții:

- să nu fie toxice pentru organismul uman;
- să nu producă forme de rezistență la microorganisme;
- să asigure conservarea în doze cât mai mici;
- să nu modifice calitatea produselor conservate.

În majoritatea cazurilor, utilizarea substanțelor antiseptice este însoțită de aplicarea altor procedee de conservare cum ar fi refrigerarea sau tratamentele termice.

Activitatea substanțelor antiseptice este influențată de:

- *factori proprii substanțelor antiseptice*: natura substanțelor antiseptice, concentrația substanțelor antiseptice;
- *factori proprii microorganismelor*: specia și numărul de microorganisme din substrat, stadiul de dezvoltare a microorganismelor;
- *factori specifici produselor supuse conservării*: compoziția chimică a produselor alimentare și pH-ul acestora, starea fizică și gradul de divizare.
- *alți factori*: durata de contact, temperatura.

Fiecare substanță antiseptică se caracterizează printr-o anumită putere de inactivare sau de distrugere a microorganismelor denumită **doză letală**. Rezistența microorganismelor față de substanța antiseptică diferă în funcție de individ, specie și de tulpină și este consecința permeabilităților diferite ale celulelor microorganismelor ca urmare a particularităților structurale și compoziționale. În cazul microflorei epifite normale, eficacitatea antisepticelor este maximă în *faza de lag a dezvoltării microorganismelor*, ceea ce ne conduce la concluzia că spori nu sunt afectați.

Alimentele care au un conținut ridicat de zaharuri reducătoare (fructe, musturi) micșorează acțiunea antiseptică a SO_2 datorită adărierii acestuia la grupările aldehidice ale zaharurilor.

Majoritatea antisepticelor sunt acizi slabi (sau săruri ale acestora) a căror acțiune inhibitoare se datorează în special moleculei nedisociate. Prin urmare cu cât pH-ul mediului este mai mic cu atât substanța antiseptică este mai puțin disociată iar eficacitatea sa este mai mare.

Principalele clase de substanțe antiseptice sunt:

Dioxidul de sulf și derivații săi:

Dioxidul de sulf (E 220) și sărurile sale: sulfitul de sodiu Na_2SO_3 (E 221), sulfitul acid de sodiu NaHSO_3 (E 222), metabisulfitul de sodiu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (E 223), metabisulfitul de potasiu $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (E 224), sulfitul de calciu CaSO_3 (E 226), sulfitul acid de calciu $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ (E 227), sulfitul acid de potasiu KHSO_3 (E 228) au fost folosiți ca dezinfectanți încă din antichitate.

Dioxidul de sulf (lichefiat și soluție apoasă), este încă cel mai folosit antiseptic datorită acțiunii sale fungicide, fungistatice, bactericide, bacteriostatice (este mai activ față de bacteriile Gram (-) decât față de cele Gram (+)), antioxidante și prețului său de cost relativ scăzut. Dioxidul de sulf previne postfermentația. În concentrații de 0,1÷0,2% SO_2 are efect letal pentru microflora de biodegradare din fructe.

Deși mecanismul exact de acțiune al SO_2 nu este cunoscut, s-au emis mai multe ipoteze, fiecare dintre ele fiind susținută de o serie de observații experimentale:

- una dintre ipoteze sugerează că forma nedisociată a acidului sulfuros și dioxidul de sulf molecular sunt responsabile de activitatea antimicrobiană. Această variantă este confirmată și de activitatea antimicrobiană mai ridicată la valori mici ale pH-ului;
- conform unei alte ipoteze acțiunea antimicrobiană se datorează caracterului puternic reducător care permite acestor compuși să micșoreze presiunea parțială a oxigenului până la o valoare la care microorganismele aerobe nu se mai pot dezvolta;
- efectul conservant al dioxidului de sulf ar putea fi explicat prin acțiunea sa inhibitoare asupra enzimelor esențiale (folosirea SO_2 la afumarea alimentelor pentru a inhiba înbrunarea enzimatică se bazează pe această presupunere).

Metabisulfiții acționează asupra endosporilor în momentul germinării lor.

Sulfiții au acțiune antimicrobiană (stopează acțiunea fermentativă a drojdiilor, mucegaiurilor, bacteriilor acetice și a bacteriilor malolactice), antioxidantă și inhibă înbrunarea enzimatică și neenzimatică în diverse produse alimentare. Activitatea antimicrobiană a sulfiților este influențată de valoarea pH-ului. Speciile ionice predominante ale acidului sulfuros depind de pH-ul mediului: la $\text{pH} < 3$ este favorizată forma nedisociată a acidului sulfuros H_2SO_3 , la valori ale pH-ului cuprinse între 3 și 5 predomină forma de anion bisulfitic HSO_3^- , iar la $\text{pH} \geq 5$ dominantă este forma de anion sulfit SO_3^{2-} . Activitatea sulfiților este maximă la un pH mai mic decât 4, deoarece în acest domeniu de aciditate predomină forma nedisociată a acidului sulfuros H_2SO_3 care poate trece prin membrana celulelor. Acțiunea conservantă a sulfiților poate fi îmbunătățită prin adăugarea unui acid care să micșoreze valoarea pH-ului.

Esterii acidului parahidroxibenzoic denumiți și parabeni (parahidroxibenzoații de etil (E 214), de propil (E 216), de metil (E 218), sunt cunoscuți pentru potențialul lor antimicrobian încă din 1920. Folosirea metil, propil și heptilparabenilor este permisă în majoritatea țărilor, în timp

ce utilizarea *etil* și *butilparabenilor* în scopuri conservative este aprobată într-un număr redus de țări. *Activitatea antimicrobiană a esterilor acidului parahidroxibenzoic crește direct proporțional cu lungimea lanțului componentului alchilic.* Parabenii sunt în general mai activi împotriva mucegaiurilor și drojdiilor decât împotriva bacteriilor.

Azotiții

Azotitul de sodiu NaNO_2 (E 251) și *azotitul de potasiu* KNO_2 (E 261) sunt folosiți în industria preparatelor din carne. Pe lângă *acțiunea antiseptică* (împiedică mai ales dezvoltarea bacteriilor *Clostridium botulinum* și *Staphylococcus aureus*) nitriții sunt folosiți pentru *păstrarea culorii preparatelor din carne*, pentru *îmbunătățirea aromei și texturii*, precum și ca *antioxidanți*.

Acțiunea antiseptică a azotiților de sodiu și potasiu a fost explicată prin următoarele mecanisme:

- blocarea grupărilor sulfhidril ale enzimelor care intervin în mecanismele de oxido-reducere;
- formarea unor inhibitori „Perigo” labili prin combinarea NO (rezultat din NaNO_2) cu grupările amino ale aminoacizilor liberi sau ale celor din structura proteinelor microorganismelor. Acești inhibitori se formează în timpul încălzirii cărnii și prezintă o acțiune inhibitoare net superioară azotitului singur.
- prin combinarea NaNO_2 și KNO_2 , respectiv NO cu ferodoxina (un compus ce conține Fe și S și care intră în structura piruvat-ferodoxin oxireductazei cu rol esențial în metabolismul energetic).

Acizii organici și sărurile lor

Un număr mare de acizi organici sunt utilizați ca agenți de conservare în special pentru produsele alimentare cu un $\text{pH} < 5,5$. *Acizii organici sunt mai eficienți în forma lor nedisociată deoarece astfel pătrund mai ușor prin membrana citoplasmatică a microorganismelor.* Odată pătrunși în interiorul celulelor gradul de disociere al acizilor organici crește deoarece pH-ul mediului intracelular este mai mare comparativ cu cel al mediului extracelular. Prin scăderea pH-ului intracelular, ca urmare a disocierii acidului, se produc modificări structurale ale proteinelor, enzimelor, acizilor nucleici și fosfolipidelor.

Acidul benzoic și benzoații

Acidul benzoic $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ (E 210), sărurile sale: *benzoatul de sodiu* (E 211), *benzoatul de potasiu* (E 212), *benzoatul de calciu* (E 213). Forma nedisociată a acidului benzoic ($\text{pK}_a = 4,19$) este agentul antimicrobian cel mai eficient.

Acidul sorbic și sorbații

Acidul sorbic (E 200; $\text{pK}_a = 4,75$) și sărurile sale *sorbatul de sodiu* (E 201), *sorbatul de potasiu* (E 202) și *sorbatul de calciu* (E 203) manifestă acțiune inhibitoare față de mucegaiuri, drojdii și numeroase specii de bacterii, mai ales în prezența altor acizi și a clorurii de sodiu. Aplicarea acestor substanțe antiseptice se poate realiza prin adaos direct sau prin încorporare în ambalaj. Acidul sorbic este metabolizat în corpul uman la CO_2 și H_2O într-o manieră similară celei prin care sunt metabolizați acizii grași.

Acidul acetic și acetații

Acidul acetic ($\text{pK}_a = 4,75$) și sărurile sale de *sodiu*, *potasiu* și *calciu* sunt printre cele mai vechi substanțe utilizate în calitate de antiseptici. Spre deosebire de majoritatea acizilor organici, acidul acetic este în general mai eficient față de drojdii și bacterii decât față de mucegaiuri.

Acidul propanoic și propanoații

Acidul propanoic (E 280) și *propanoații de sodiu* (E 281), *potasiu* (E 282) și de *calciu* (E 283) sunt utilizați în principal ca agenți antifungici (mai curând cu acțiune fungistatică decât fungicidă), dar pot inhiba și activitatea unor drojdii și bacterii.

Acidul citric și citrații

Acidul citric manifestă activitate antimicrobiană față de unele mucegaiuri și bacterii datorită capacității sale de a complexa ionii metalici (din structura unor enzime ale acestor microorganisme).

Acidul fumaric și fumaratii

Acidul fumaric poate fi utilizat în vinuri pentru *prevenirea fermentației malolactice* și ca agent antimicrobian.

Esterii acizilor grași

Monolauratul de gliceril inhibă activitatea *drojdiilor* și anumitor *specii de mucegaiuri* și are acțiune antiseptică asupra *bacteriilor Gram (+)*. Nu este activ față de bacteriile *Gram (-)*.

AMBALAJE FOLOSITE LA CONSERVAREA ALIMENTELOR

Ambalajul este un sistem fizico-chimic complex, cu funcții multiple, care asigură menținerea sau, în unele cazuri, ameliorarea calității produsului cărui îi este destinat.

În România, conform STAS 5845/1-1986, *ambalajul* reprezintă un “mijloc” (sau ansamblu de mijloace) destinat să învelească un produs sau un ansamblu de produse, pentru a le asigura protecția temporară, din punct de vedere fizic, chimic, mecanic și biologic în scopul menținerii calității și integrității acestora, în decursul manipulării, transportului, depozitării și desfacerii până la consumator sau până la expirarea termenului de garanție. Tot în conformitate cu standardul amintit, *ambalarea* este definită ca fiind “operația, procedeul sau metoda prin care se asigură protecția temporară a produsului cu ajutorul ambalajului”.

În contextul ambalării se folosesc o serie de *termeni*, dintre care amintim:

Materialul de ambalare este destinat să învelească temporar produsul ambalat;

Preambalarea este operația de ambalare a unui produs individual, în absența cumpărătorului, iar cantitatea de produs introdusă în ambalaj este prestabilită și nu poate fi schimbată decât prin deschiderea sau modificarea ambalajului.

Preambalajul înșelător este preambalajul care creează impresia că are o cantitate mai mare de produs decât cantitatea nominală. Un produs se consideră preambalat înșelător dacă peste 30% din volumul ambalajului nu este ocupat cu produs sau în cazul în care în pachet există o cantitate de produs cu mai puțin de 15% decât cantitatea prevăzută de lege.

Toate preambalajele fabricate conform instrucțiunilor trebuie să poarte următoarele *inscripții lizibile*, care să nu poată fi șterse:

- *cantitatea nominală*;

- *o marcă sau o inscripție* care să permită identificarea ambalatorului sau a importatorului de preambalare;

- *marca* este de cel puțin 3 mm și este situată în același câmp vizual cu cantitatea nominală. Aplicarea acestei mărci garantează că preambalatul îndeplinește cerințele prevăzute de instrucțiuni.

Verificarea preambalatelor se face prin eșantionare în două etape:

- verificarea conținutului real al fiecărui preambalat din eșantion;
- verificarea mediei conținutului real al preambalatului din fiecare eșantion.

Ambalajul poate fi:

- *primar* – este ambalajul care intră în contact direct cu produsul (*cutii metalice, butelii de sticlă, pungi din polietilenă* etc);

- *secundar* – este format din unul mai multe ambalaje primare, având rol în transport și distribuție (*cutii de carton, navete din material plastic*);

- *terțiar* – cuprinde mai multe ambalaje secundare (*paleta* pentru stivuirea cutiilor sau a baxurilor);

- *cuaternar* – ușurează manipularea ambalajelor terțiare (*containere metalice* utilizate în transportul aerian, maritim sau feroviar).

În funcție de utilizarea ambalajelor se disting:

- *ambalaj individual* – cuprinde o singură unitate de produs;

- *ambalaj de desfacere* – destinat comercializării produsului și care ajunge la consumator împreună cu produsul;

- *ambalaj de prezentare* – realizează prezentarea produsului dar și desfacerea produsului alimentar;

- *ambalaj de transport* – folosește la transportul produselor ambalate (unități de transport paletizat și/ sau prin intermediul containerelor);

- *ambalaj colectiv* – cuprinde mai multe unități de produs ambalat (cutii de carton pentru biscuiții ambalați).

Există mai multe tipuri de ambalaje, cele mai întâlnite fiind: *borcanul, bidonul, butelia, butoiul, cornetul, coșul, cutia, damigeana, flaconul* (în special la medicamente), *keg* (butoi confecționat din oțel inoxidabil, cu o singură deschidere utilizat la transportul și comercializarea berii în vrac), *lada, paharul, punga, sacul, stelajul* etc.

Paletizarea - este operația de manipulare și transport a mărfurilor așezate pe paleți, deplasați cu ajutorul electro-stivuitoarelor. *Paletul* este o suprafață plană de dimensiuni standardizate, folosită la transportul mărfurilor ambalate în ambalaje paralelipipedice, ce prezintă o stabilitate suficientă. Paletizarea este importantă pentru că permite transportul mai multor mărfuri în același timp, utilizând judicios spațiul avut la dispoziție. Există paleți de uz general, paleți – lăzi și paleți de uz special.

Containerizarea - folosește pentru transportul, manipularea și depozitarea mărfurilor unitatea numită container. Acesta este realizat din materiale rezistente, eventual flexibile, care să permită pliarea atunci când nu este utilizat. Containerul oferă avantajul păstrării avansate a calității și integrității mărfurilor, chiar și în condițiile eliminării ambalajelor individuale și a manipulărilor repetate.

La baza sistemelor de paletizare și containerizare stă *modularea ambalajului*. Modularea constă în corelarea dimensiunilor ambalajului de desfacere cu cele ale ambalajului de transport, cu cele ale containerului, ale mijlocului de transport sau ale spațiului de depozitare.

1. Factorii care determină alegerea ambalajului

Ambalajul este o componentă esențială a activității comerciale, fiind subordonat mărfii și deserving consumatorul. Luând în considerare funcțiile pe care trebuie să le îndeplinească un ambalaj, la alegerea lui trebuie să se țină cont de următorii factori:

- *proprietățile produsului care trebuie ambalat:*

- natura, dimensiunea, masa, forma produsului, numărul de unități de produs dintr-un ambalaj;
- interacțiunile de ordin fizic și chimic ce pot să apară între produs și ambalaj;
- fragilitatea produsului, sensibilitatea la factorii mecanici și de mediu;
- importanța și valoarea produsului, care determină măsuri de siguranță în plus împotriva unor posibile furturi sau deteriorări intenționate.

- *condițiile de transport, manipulare și depozitare:*

- numărul operațiilor de încărcare-descărcare;
- tipul mijloacelor de transport folosite: auto, feroviar, naval;
- durata operațiilor de manipulare;
- durata stocării;
- locul în care se vând produsele.

- *metoda de ambalare, tipul și funcțiile ambalajelor:*

- în funcție de modul de vânzare: autoservire sau servire de către personalul angajat;
- în funcție de scopul ambalării: pentru transport sau desfacere;
- modul de închidere;
- modalitatea și tipul inscripționării.
- materialul de ambalaj folosit (caracteristici, proprietăți);
- rezistență la șocuri termice;
- rezistență la presiuni mari;
- posibilitatea de protejare contra prafului.

- *valorificarea economică a ambalajului:*

- costul ambalajului;
- existența posibilității de recuperare a ambalajului și eventual de refolosire;
- valoarea de recuperare.

2. Funcțiile ambalajului și ale etichetei

2.1. Funcțiile ambalajului

Principalele funcții pe care le îndeplinește un ambalaj sunt:

- *funcția de protecție și conservare* - reprezintă cea mai importantă funcție pe care trebuie să o îndeplinească ambalajele și poate fi:

- *chimică* - materialul din care este confecționat ambalajul trebuie să fie inert din punct de vedere chimic sau electrochimic (sticla, materialele plastice) și să protejeze produsul față de eventualele reacții care pot avea loc la suprafața de contact a acestuia cu aerul, vaporii de apă.

- *microbiologică* – se realizează prin etanșeizarea perfectă a ambalajului;
 - *biologică* – presupune protecția produsului de insecte, rozătoare;
 - *mecanică* – se alege materialul care asigură protejarea produsului în timpul transportului, depozitării și desfacerii;
 - *protecția față de lumină și de radiațiile UV*: se utilizează materiale care să asigure o protecție optimă a produselor față de radiații (sticla brună sau verde).
- *funcția de confort*: se impune utilizarea unor ambalaje care să ușureze etapele de manipulare, desfacere, depozitare și distribuire a produselor alimentare.
- *funcția de comunicare și de marketing*: ambalajele au și rolul de a promova vânzarea (prin prezentarea produsului și a producătorului) și de a conferi informații consumatorului despre caracteristicile de bază și modul de utilizare al produsului.
- *funcția de transport – manipulare – depozitare*: se manifestă în cadrul circuitului economic ce urmează producerii mărfii, în drumul ei către beneficiar sau consumator. Pe acest circuit apar o serie de probleme legate de menținerea calității produsului și din acest punct de vedere trebuie respectate următoarele cerințe:
- adaptarea ambalajului la normele și mijloacele de transport;
 - optimizarea raportului volum/masă; de exemplu, ambalajele cu volum standard beneficiază de un preț mai avantajos față de ambalajele cu volume nestandardizate sau foarte mari.

2.2. Coduri de identificare

Identificarea automată a unui produs se poate realiza simplu și ieftin cu ajutorul *codului de identificare* EAN (European Article Numbering). Acesta reprezintă o asociere de bare și de spații libere care folosește un număr de cifre, împărțite în 3 seturi A, B și C și grupuri de separatoare formate din câte 2 linii subțiri, paralele, dar mai lungi cu rol de centrare în momentul lecturii codului.

Semnificația cifrelor de la stânga la dreapta este:

- (1) primele 2 cifre (XX) – *codul țării*
- (2) următoarele 5 cifre (XXXXX) – *codul producătorului*
- (3) următoarele 5 cifre (XXXXX) – *codul produsului*
- (4) ultima cifră (X) – *cifra de control*.



3. Cerințe de calitate impuse ambalajelor

Ambalajele sunt elemente indispensabile în cadrul circuitului producție – transport – desfacere – comercializare jucând un rol important în păstrarea caracteristicilor de calitate ale mărfurilor. În afara *funcțiilor de protecție și conservare, de confort, de comunicare și marketing, de transport-manipulare-depozitare* un ambalaj trebuie să îndeplinească și alte cerințe:

- să fie comod în utilizare, adică să aibă o formă care să-i permită o mânăuire ușoară;
- să poată fi închis și deschis cu ușurință;
- să aibă o masă proprie cât mai mică;
- să nu fie toxic;
- să nu aibă miros;
- să prezinte rezistență mecanică ridicată;
- să fie impermeabil față de gaze, praf, grăsimi;
- să fie compatibil cu produsul ambalat;
- forma și grafica să fie atractive .

Din cele prezentate se poate trage concluzia că nu este ușor să se aleagă ambalajul potrivit care să îndeplinească cât mai bine funcțiile și celelalte cerințe precizate anterior.

Ca și în cazul mărfurilor, s-a încercat și s-a reușit în mare măsură *standardizarea ambalajelor*. Astfel, s-a putut raționaliza producția de ambalaje, s-a redus numărul tipurilor constructive, s-au putut corela dimensiunile ambalajelor cu cele ale paleților. De asemenea, există tendința pe plan mondial de a standardiza și unifica ambalajele utilizate în comerțul internațional cu multiple avantaje atât pentru țările exportatoare, cât și pentru cele importatoare.

4. Materiale pentru ambalare

Pentru fabricarea ambalajelor se folosește o gamă variată de materiale cu proprietăți diferite, care corespund cerințelor impuse ambalajelor și care sunt potrivite uneia sau alteia dintre grupele de mărfuri ce necesită ambalare.

4.1. Ambalaje din materiale celulozice

Principalele *materiale celulozice* utilizate la confecționarea ambalajelor pentru produsele alimentare sunt:

1. *lemnul*;
2. *hârtia și cartonul*;
3. *mucava*
4. *materialele obținute din derivații celulozei*.

Aceste materiale se pot asocia între ele sau cu alte materiale, în vederea realizării *ambalajelor complexe*.

1. Lemnul

Este utilizat în special pentru confecționarea ambalajelor exterioare de dimensiuni mari. Speciile lemnoase folosite pentru confecționarea ambalajelor sunt: *foioasele tari* (fag, ulm, carpen), *foioasele moi* (plop, tei, anin), *rășinoasele* (molid, brad, pin). În afară de lemnul masiv,

pentru confectionarea ambalajelor se mai folosesc și alte *materiale lemnoase*: *placajul*, *plăcile fibrolemnoase* (PFL) și *plăcile aglomerate* (PAL).

Principalele *avantaje* ale folosirii lemnului în acest domeniu sunt protecția ridicată ce o asigură produselor din interior și faptul că ambalajele din lemn sunt refolosibile.

Ponderea acestui material este din ce în ce mai mică, fiind înlocuit treptat cu *materialele plastice* și cu *cartonul ondulat*.

2. Hârtia și cartonul

Ambalajele din hârtie și carton se pot clasifica în:

- ambalaje rigide (cutii, lăzi de carton);
- ambalaje moi (saci, pungi);
- obiecte presate și turnate din *pastă de hârtie* (suporturi pentru ouă, bidoane etc.)
- recipiente din carton pentru diferite produse alimentare (brânză de vaci, smântână).

Principalele sortimente de hârtie utilizate ca material de ambalaj sunt: *hârtia kraft albă*, *hârtia pergament* (hidratată pentru a-i mări rezistența față de uleiuri și grăsimi), *hârtia cerată* (obținută prin acoperirea hârtiei pergament cu ceară) și *hârtia parafinată* (obținută prin acoperire cu o peliculă de parafină pentru a-i conferi proprietăți hidrofobe). În ultimii ani s-au dezvoltat tehnologii de fabricare a *hârtiei ecologice* (obținută din plante anuale și alge de mare).

Cartonul este o hârtie groasă, compactă și foarte puțin flexibilă obținută prin prelucrarea materiilor prime vegetale (paie de cereale, coceni de porumb, stuf, lemn etc.).

Principalele tipuri de cartoane utilizate în ambalarea mărfurilor sunt: *cartonul plat*, *cartonul duplex*, *cartonul triplex*, *cartonul ondulat*.

Cartonul plat este mai gros și mai rigid comparativ cu hârtia.

Cartonul duplex este format din două straturi diferite de material fibros, unite în stare umedă prin presare.

Cartonul triplex este format din trei straturi diferite de material fibros, unite în stare umedă prin presare.

Cartonul ondulat este format din unul până la patru straturi netede și unul până la trei straturi ondulate din hârtie unite între ele cu un adeziv. Cartonul ondulat poate fi combinat cu diferite materiale (lemn, materiale plastice) în scopul obținerii de ambalaje mai eficiente și cu proprietăți îmbunătățite.

3. *Mucavaua* (obținută din maculatură) se folosește în multe cazuri în locul cartonului.

4. *Principalii derivați de celuloză* utilizați la obținerea ambalajelor sunt: *acetatul de celuloză* și *xantogenatul de celuloză* (din care se obține celofanul).

4.2. *Sticla ca material de ambalare*

Sticla este un corp solid, *amorf*, omogen, transparent, sonor și casant care *se obține prin topirea la temperatură ridicată* (aproximativ 1500°C) *a materiilor prime bogate în siliciu* (nisip, silex sau cuarț) împreună cu *piatră de var*, *carbonat de sodiu* sau *potasiu* și materiale auxiliare, care sunt *oxizi ai metalelor* sau *semimetalelor* (oxizi de magneziu, aluminiu, plumb, zinc, bariu, bor, potasiu, litiu, fier, crom, nichel etc). După topire are loc o răcire până la starea rigidă de cristalizare. Sticla folosită la fabricarea ambalajelor este în general *calcosodică*. În compoziția ei

intră *oxizi alcalini* în proporție de $12,5 \div 16,5\%$ (oxid de sodiu, oxid de potasiu), *oxizi alcalino-pământoși* în proporție de $8,5 \div 12,5\%$ (oxid de calciu, oxid de magneziu), *oxizi acizi* în proporție de $40 \div 50\%$ (bioxid de siliciu, oxid boric) și *oxizi ai metalelor pământoase și grele* (trioxid de aluminiu, oxid de fier, oxid de mangan, oxid de crom, oxid de nichel etc.).

Sticla se clasifică în funcție de compoziția chimică și culoare.

În funcție de compoziția chimică există: *sticla silicică*, *sticla calco-sodică*, *sticla boro-silicică*, *sticla alumino-silicică*.

În funcție de culoare sticla se clasifică în: sticlă incoloră (sticlă albă), sticlă semialbă, sticlă verde deschis și verde închis, sticlă galben închis, sticlă brună.

Reactivitatea chimică a sticlei este foarte scăzută ea fiind inertă față de cea mai mare parte a substanțelor chimice și mărfurilor cunoscute. *Singura substanță care reacționează cu sticla este acidul fluorhidric.*

Cercetările întreprinse în scopul îmbunătățirii calității sticlei au condus la obținerea unor noi sortimente de sticlă: necasantă, rezistentă la șoc termic și sticlă ușoară (cu masa de 2-4 ori mai mică decât a sticlei obișnuite).

4.3. Ambalaje din materiale metalice

Metalele și aliajele sunt folosite cu precădere în industria alimentară la ambalarea conservelor de carne, pește, fructe și legume, la ambalarea băuturilor alcoolice și nealcoolice. Opinia consumatorilor este mai puțin favorabilă metalelor deoarece acestea pot influența gustul produselor ambalate.

Principalele metale folosite în industria alimentară ca ambalaj sunt:

- *tabla din oțel inoxidabil*;
- *tabla din oțel galvanizată* (cositorită sau zincată);
- *aluminiul și aliajele lui*;
- *staniul*;
- *materiale combinate* (materiale plastice, carton și metal).

Tabla cositorită se obține prin acoperirea tablei de oțel moale cu staniu, pe ambele fețe. Este utilizată pentru confecționarea de ambalaje destinate produselor alimentare lichide și păstoase, atât de origine animală cât și de origine vegetală.

Aluminiul este folosit pentru confecționarea ambalajelor sub formă de *folie de aluminiu* sau sub formă de *tablă de aluminiu*. Folia de aluminiu este asociată adesea cu diferite materiale, rezultând *materiale compozite*.

Staniul se folosește la confecționarea ambalajelor sub formă de:

- *aliaj staniu-plumb* (2% Sn și 98% Pb) pentru lipirea cutiilor de conserve;
- *strat protector* al tablei de oțel moale (*tablă cositorită*) pentru confecționarea cutiilor de conserve;
- *folii de staniu* (staniol) pentru ambalarea anumitor produse alimentare (brânzeturi, unele mezeluri etc.).

4.4. Ambalaje din materiale plastice

Din *materiale plastice* se obțin următoarele tipuri de semifabricate destinate realizării ambalajelor :

- *filme flexibile, folii și materiale complexe;*
- *folii flexibile, din care se fac pungi și saci pentru ambalare;*
- *folii rigide, pentru realizarea de tăvițe, pahare, platouri etc.;*
- *materiale complexe obținute din diferite tipuri de folii.*

Ambalajele din materiale plastice pot fi recuperate și reintroduse în circuitul industrial, evitându-se astfel poluarea mediului. Prin reciclarea ambalajelor din mase plastice se reduc costurile de fabricație ale ambalajelor, consumul de materii prime sau chiar se pot înlocui ambalajele clasice.

Din punct de vedere al proprietăților fizico-mecanice materialele plastice se clasifică în trei categorii:

- *materiale termoplastice sau termoplaste:* sunt materiale care supuse încălzirii se înmoaie și pot fi prelucrate prin presare, vâlțuire etc. După răcire se solidifică păstrându-și forma primită la cald, iar printr-o nouă încălzire devin din nou plastice, procesul acesta putând fi repetat;
- *materiale semitermoplastice sau semitermoplaste:* supuse încălzirii se înmoaie și se pot prelucra similar cu cele termoplastice (prin presare, vâlțuire), dar după răcire conduc la un produs care prezintă o plasticitate mai scăzută. În cursul operațiilor ulterioare de încălzire-răcire își pierd treptat din plasticitate.
- *materiale termorigide (monoplaste) sau termoreactive:* se înmoaie la încălzire și pot fi prelucrate, dar după răcire se întăresc ireversibil, nemaiputând suporta repetarea ciclului.

4.4.1. Materialele termoplastice

Principalele ***materiale termoplastice (termoplaste)*** utilizate pentru ambalarea produselor alimentare sunt:

Polietilena este flexibilă, transparentă, rezistentă la șoc, permeabilă față de gaze și impermeabilă față de apă și vaporii de apă. Se utilizează la ambalarea fructelor proaspete, a cărnii, a unor produse alimentare granulate, pulverulente sau sub formă de bucăți (sare fină și grunjoasă, zahăr tos și pudră, mălai, griș, orez, mazăre congelată, paste făinoase etc.), a unor brânzeturi (sub vid).

Policlorura de viniliden ($(-\text{CH}_2-\text{CCl}_2)_n$) sub formă de folie sau pelicule posedă o bună rezistență mecanică, este netoxică, insolubilă în solvenți organici obișnuiți, rezistentă la acizi, baze, alcooli, grăsimi și uleiuri, iar permeabilitatea față de apă, gaze și vaporii este foarte coborâtă. Deoarece ambalajele din policlorură de viniliden sunt rezistente la temperaturi ridicate pot fi folosite la umplerea cu produse fierbinți sau la pasteurizări.

Polistirenul se folosește la confecționarea ambalajelor pentru uleiuri vegetale, grăsimi animale, sucuri de fructe, băuturi alcoolice.

Din categoria ***materialelor semitermoplastice (semitermoplaste)*** cele mai utilizate pentru confecționarea ambalajelor sunt:

Poliepozii prezintă elasticitate și rezistență mecanică mari, adeziune ridicată față de majoritatea metalelor, sticlă, porțelan, mase plastice și prezintă bune proprietăți anticorozive. Se

folosesc la acoperirea interioară a cutiilor de conserve, a recipientelor pentru bere (cutii și butoaie), precum și a tuburilor flexibile folosite pentru o gamă largă de produse alimentare.

Poliesterul cu cea mai largă utilizare în fabricarea ambalajelor pentru produse alimentare este *polietilentereftalatul* (PET). Se utilizează la confecționarea ambalajelor destinate produselor alimentare congelate, la confecționarea buteliilor pentru băuturi carbonatate.

4.4.2. Materialele termorigide (monoplaste) sunt folosite în general la confecționarea de accesorii pentru ambalaje. În funcție de monomerii utilizați pentru policondensare, materialele termorigide sunt clasificate în două mari grupe:

- *fenoplaste*;
- *aminoplaste*.

Fenoplastele sunt rășini obținute prin policondensarea fenolului cu aldehydele. *Rășinile fenol-formaldehidice (bachelitele)* se folosesc la confecționarea prin presare a accesoriilor pentru ambalaje (capace filetate pentru borcane, diferite dispozitive pentru închiderea recipientelor de sticlă).

Aminoplastele sunt rășini rezultate prin condensarea aldehydelor cu amine, cele mai importante fiind *rășinile ureo-formaldehidice* și *rășinile melamino-formaldehidice*. Au aceleași utilizări ca și bachelitele.

4.5. Ambalaje din materiale complexe

Deoarece utilizarea unui singur tip de material nu îndeplinește toate exigențele de ordin tehnic și comercial s-a impus folosirea **materialelor compozite**.

Acestea se caracterizează prin: impermeabilitate la vaporii de apă și la diferite gaze, transparență, rezistență mecanică, protecție împotriva luminii, rezistență la acțiunea produselor agresive, rezistență la temperaturi ridicate, etanșeitate.

În funcție de natura materialelor suport, *foliile complexe* se pot clasifica în :

1. materiale complexe pe bază de *aluminiiu*;
2. materiale complexe pe bază de *hârtie și carton* ;
3. materiale complexe pe bază de *materiale plastice*.

1. *Foliile complexe din aluminiiu* sunt formate din 3 straturi:

- stratul interior conține *polietilenă* de joasă densitate și ocazional *polipropilenă*;
- stratul median constă dintr-o *folie de aluminiiu*;
- stratul exterior poate fi confecționat din: *celofan*, *folii de poliester* sau de *polipropilenă*.

În alegerea stratului intern trebuie să se țină seama de compatibilitatea dintre material și produsul ambalat. Aceste materiale se folosesc pentru ambalarea produselor sensibile la umiditate (în acest caz se folosesc *folii compozite* de tipul celofan + aluminiiu + polietilenă), a lichidelor și a produselor vâscoase (stratul intern trebuie să aibă o rezistență mecanică bună).

2. *Materialele complexe pe bază de pelicule celulozice* utilizate la ambalarea produselor alimentare pot fi:

- *cartoane acoperite cu mase plastice* (cum ar fi *materialul complex carton – polietilenă*).

- *cartoane cașerate cu polietilenă asociată cu folie de aluminiu (ambalaje Tetra-Pak)*, utilizate la confecționarea formelor tetraedrice și paralelipipedice pentru lichidele alimentare sterilizate la temperaturi ridicate. Ambalajul Tetra-Pak este compus din următoarele straturi de la exteriorul ambalajului către interiorul acestuia: carton, polietilenă, folie de aluminiu, polietilenă.

3. Materialele complexe având la bază materialele plastice sunt utilizate pentru ambalarea în vid a produselor lichide și congelate. Astfel de ambalaje sunt suficient de performante pentru a asigura alimentelor ambalate o conservare pe o perioadă mai mare de un an.