

Porušeni ili djelomično sačuvani svodovi ponovno se rekonstruiraju, drveni se stropovi s vidljivim grednikom popravljaju, oštećeni dijelovi zamjenjuju se novima, a zatim se konzerviraju specijalnim premazima. Slično se postupa i s podovima. Često su i unutrašnja krila vrata, dovratnici i prozori posebno obrađeni, te se ta karakteristična stolarija zajedno s okovom nastoji predstaviti u cijelosti, bilo da se radi o popravcima ili izradbi novih dijelova po uzoru na postojeće.

LIT.: A. Barbacci, Il restauro dei monumenti in Italia. Istituto poligrafico dello stato, Roma 1956. — G. Massari, Risanamento igienico dei locali umidi. Hoepli, Milano 1959. — D. Bošković, Stari Bar. Savezni institut za zaštitu spomenika kulture, Beograd 1962. — G. Massari, L'umidità nei monumenti. Università di Roma 1969. — D. Basler, Arhitektura kasnogotičkog doba u Bosni i Hercegovini. Veselin Masleša, Sarajevo 1972. — I. Stambolov, J. R. J. van Asperen de Boer, The deterioration and conservation of porous building materials in monuments. Università di Roma 1972. — M. Mamillan, Pathologie et restauration des constructions en pierre. Università di Roma 1972. — Теорија и практика реставрационних работ, сборник № 3, Стройиздат, Москва 1972. — M. Suić, Antički grad na istočnom Jadranu. Liber, Zagreb 1976. — V. Le Duc, Entretien sur l'architecture. Pierre Mardaga, Paris 1977. — M. Čanak, Gamzigrad. Beograd 1978.

N. Hlebec

KONZERVIRANJE HRANE, skupina procesa kojima je cilj da se što više i što duže očuva izvorna kvaliteta hrane, tj. da se spriječi njezino kvarenje ili degradacija. Konzervirana hrana ostaje dulje vremena upotrebljiva pa i na područjima udaljenim od mjesta dobivanja (berbe, klanja i sl.).

Konzerviranje hrane uvijek je bilo jedna od osnovnih preokupacija čovjeka, pa je već u dalekoj prošlosti postojalo iskustvo o nekim od principa na kojima se zasnivaju suvremeni procesi konzerviranja hrane (npr. konzerviranje sušenjem, dimljenjem, držanje u hladnom, soljenje, kiseljenje u octu, držanje u ulju). Osobito radi opskrbe vojske, mornarice i ekspedicija, gradova i velikih naselja nastojali su se pronaći što bolji postupci konzerviranja hrane.

Potkraj XVIII i početkom XIX st., kad je francuski kuhar N. Appert dao temelje konzerviranju namirnica termičkom sterilizacijom (odnosno pasterizacijom), brzo i znatno se razvila industrija konzerviranja hrane. Naglom razvitku tehnologije konzerviranja mnogo su pridonijela otkrića u prirodnom znanostima u XIX st., osobito otkrića L. Pasteura i, kasnije, dostignuća na području procesne tehnike. Industrija konzerviranja hrane (konzervna industrija) vrlo je važna i postaje sve važnija za suvremeni način života i organizaciju društva. Osim što omogućuje opskrbljivanje hranom koja je sve manje zavisna od vremena i mjesta njene proizvodnje, industrija konzerviranja potiče tu proizvodnju i time što smanjuje rizik od kvarenja.

Kvarenje hrane u prvom redu može biti uzrokovano aktivnošću mikroorganizama (najčešće bakterija, kvasaca i plijesni), kukaca, glodavaca i drugih štetočina, autohtonih (prisutnih u hrani) enzima i drugih reakcija degradacije pojedinih sastojaka hrane, te djelovanjem temperatura izvan nekog optimalnog područja, zraka (osobito kisika), svjetla i vode, pa i starenjem.

U prirodi ti faktori rijetko djeluju odvojeno, već obično simultano. Tako se iznad neke temperature, u vlažnoj sredini, u dodiru sa zrakom, može pojačati aktivnost mikroorganizama ili autohtonih enzima. Pri tom karakter i intenzitet promjena koje djeluju na smanjenje kvalitete zavisni od vrste hrane i uvjeta sredine. Kvaliteta se svježje hrane sa živim tkivom (npr. voća i povrća) može smanjivati pod utjecajem metabolizma. Nekrozom tkiva nakon prestanka metabolizma kvaliteta hrane može se smanjivati pod utjecajem enzimatske aktivnosti (npr. autolizom, oksidativnim i drugim promjenama u mesu, riba, životinja), ili zbog napada mikroorganizama.

Mikroorganizmi napadaju i kvare sve vrste hrane. Oni ih pomoću enzima razgrađuju u jednostavnije spojeve, koje troše za život (apsorbiraju), a izlučuju otpadne proizvode. Najvažniji uvjeti sredine od kojih zavisna aktivnost mikroorganizama jesu: temperatura, kiselost, prisutnost kisika. Pojedine metode konzerviranja temelje se na poznavanju i isključivanju uvjeta za aktivnost pojedinih vrsta mikroorganizama.

Pod klasičnim konzerviranjem hrane skoro se isključivo razumijevalo sprečavanje kvarenja kao posljedice mikrobiološke aktivnosti. Danas je poznato da se u tzv. umrtvljenim sistemima odvijaju neke degradativne promjene (npr. neenzimatsko posmeđivanje) ako za to postoje uvjeti (npr. neprikladno uskladištenje ili konfekcioniranje).

Kad se usmrćenjem poremeti ravnoteža karakteristična za živo tkivo, pod utjecajem se autohtonih aktivnih enzimskih sistema mijenja tekstura, boja, miris i okus hrane. Nekontrolirano djelovanje temperature i kisika iz zraka može uzrokovati slične promjene.

Povišene ili niske temperature koje se primjenjuju pri konzerviranju neke hrane također mogu nepovoljno djelovati na kvalitetu proizvoda, pa je tada potrebno pažljivo odabirati uvjete za preradbu. Kombinirano djelovanje povišene temperature, kisika, često i svjetla, osobito nepovoljno djeluje na neke važne sastojke hranjivih tvari (npr. vitamine, lipide, tvari koja i aroma).

Zbog važnosti vode u različitim biološkim, kemijskim i fizikalnim procesima (npr. razvitku i aktivnosti mikroorganizama, reakcijama enzimskog i neenzimskog tipa, kristalizaciji, tzv. otvrdnjivanju), njen je aktivitet također vrlo važan faktor stabilnosti neke hrane.

Pod aktivitetom vode a_w razumijeva se odnos tlaka para vode prisutne u hrani p_w i tlaka para čiste vode p_w°

$$a_w = \frac{p_w}{p_w^\circ} \quad (1)$$

Taj je aktivitet mjera za udio tzv. slobodne vode, tj. vode koja nije čvrsto vezana na sastojke hrane i o kojoj ovise mikrobiološki, biokemijski i kemijski procesi (kvarenje). Minimalne su vrijednosti aktiviteta vode $a_{w\min}$ vrlo različite za različite životne procese mikroflora i kemijske promjene u hrani (npr. za rast je osjetljivih bakterija $a_{w\min} = 0,95$, većine kvasaca $a_{w\min} = 0,75$).

Kukci, paraziti i glodari na prvom mjestu djeluju u nehi-gijenskim uvjetima okoliša i tamo gdje se hrana ne čuva dovoljno pažljivo. Osim što izravno kontaminiraju (jajima, ličinkama, dlakama, izmetom), oni oštećivanjem olakšavaju prodor mikroorganizama u hranu.

Hrana se kvare to više što se duže čuva, osim hrane koja se proizvodi dužim procesom ili čuva u posebnim uvjetima (npr. neke vrste sira, mesne preradevine i vina).

Principi i metode konzerviranja obično se klasiraju u dvije skupine: principi i metode abioze (prema grčkom $\alpha\beta\iota\omicron\varsigma$ abios bez života i anabioze (prema grčkom $\alpha\nu\alpha\beta\iota\omega\varsigma\iota\varsigma$ anabiosis ponovno oživljavanje). Primjenjuje se samo za duže čuvanje hrane namijenjene upotrebi ili preradbi u doba kad je nema u svježem stanju, ili na mjestu gdje se ne proizvodi.

Za kratkotrajno čuvanje hrane dolaze u obzir drugi principi. Jedan je od principa kratkotrajnog čuvanja hrane da se organizam od kojega se dobiva što duže održi na životu, po mogućnosti do neposredno prije upotrebe hrane. Drugi se princip kratkotrajnog čuvanja hrane primjenjuje kad je vrijeme između usmrćenja organizma od kojega se hrana dobiva i trenutka kad se ona upotrebljava nešto duže. Tada se dobivena hrana mora što prije očistiti, ohladiti i jednostavno zaštititi od kvarenja.

Principi konzerviranja hrane abiozom i anabiozom proizašli su iz spoznaje da su mikroorganizmi uzročnici kvarenja i da je od primarnog značenja suzbijanje njihove aktivnosti. Tako principi abioze obuhvaćaju izdvajanje mikroorganizama iz hrane, ili njihovo uništavanje, uz istodobnu zaštitu od kontaminacije, a principi anabioze potiskivanje ili ograničavanje njihove aktivnosti stvaranjem nepovoljnih uvjeta za njihov razvitak.

Na principima abioze zasnivaju se metode konzerviranja sterilizacijom (termičkom, ionizirajućim zračenjem, ultrazvukom i tzv. kemosterilizacijom) i ultrafiltracijom. Na principima anabioze zasnivaju se metode konzerviranja hlađenjem (psihroanabiozom, prema grčkom $\psi\upsilon\chi\rho\delta\varsigma$ psihros hladan), smržavanjem (krioanabiozom, prema grčkom $\kappa\rho\upsilon\varsigma$ krios leden), biološkom pripremom (cenoanabiozom, prema grčkom $\kappa\alpha\iota\nu\delta\varsigma$ kainos nov, obnovljen), kemijskom pripremom (kemoanabiozom) i neke druge metode (npr. konzerviranje u tzv. kontroliranoj atmosferi).

Obično se smatra da je konzerviranje na osnovi abioze trajno, a na osnovi anabioze privremeno. To je samo relativno točno, jer se npr. na dovoljno niskim temperaturama skladištenja pri konzerviranju smržavanjem može ostvariti praktički neograničena trajnost hrane, a kad je ambalaža neprikladna i uvjeti skladištenja nepovoljni, može relativno brzo nastupiti degradacija kvalitete i one hrane koja je bila konzervirana nekom, tzv. trajnom metodom (npr.

termičkom sterilizacijom). S tog gledišta ne smije se konzerviranje smatrati samo kao postupak za sprečavanje kvarenja hrane zbog djelovanja mikroorganizama.

U praktičnim postupcima vrlo se često kombiniraju pojedini od osnovnih principa i metoda konzerviranja.

Osim te klasifikacije, u literaturi se nalazi i klasifikacija konzerviranja na fizikalne, kemijske, biološke i kombinirane metode, koja se zasniva na karakteru procesa.

KONZERVIRANJE TERMIČKOM STERILIZACIJOM

Konzerviranje termičkom sterilizacijom zasniva se na dosta razvijenoj teoriji i obuhvaća brojne postupke. Priprema sirovina i ambalažiranje proizvoda u procesu konzerviranja termičkom sterilizacijom (u širem smislu) obuhvaćaju neke općenite i neke specifične operacije konzerviranja. Također su specifične i neke pojave kvarenja proizvoda konzerviranih termičkom sterilizacijom.

Teorijske osnove konzerviranja termičkom sterilizacijom. Termička sterilizacija hrane provodi se radi uništavanja mikroorganizama i inaktivacije enzima uz ambalažiranje hrane u hermetički zatvorene posude. Pri tom se, već prema postupku, hrana sterilizira nakon zatvaranja u ambalažu ili prije toga.

Usklađivanje zahtjeva održivosti i kvalitete proizvoda osnovni je problem sterilizacije. To nalaže izbor toplinskog režima procesa kojim se postiže optimum održivosti i očuvanja organoleptičkih i nutritivnih svojstava konzervirane hrane.

Da se to postigne, u konzerviranju je potrebno utvrditi parametre termičkog tretiranja u svim uvjetima preradbe, pa odabrati tehnološke uvjete za primjerenu sterilizaciju uz minimalnu degradaciju i minimalne troškove proizvodnje.

Prije svega, potrebno je znati koji mikroorganizmi mogu biti kontaminanti i koji se od njih može smatrati referentnim (odlučujućim za procjenu djelotvornosti sterilizacije). Za kontaminante je važno poznavati svojstva hrane, osobito aktivitet vode (a_w) i pH (o tome ovise mogućnosti razvitka i termička otpornost mikroorganizama), te higijenske uvjete proizvodnje i uvjete skladištenja. Referentni mikroorganizam odabire se prema termičkoj otpornosti i (eventualnoj) patogenosti tako da termičko tretiranje pri sterilizaciji sigurno uništava sve ostale mikroorganizme koji se mogu razviti u hrani ako uništava referentni mikroorganizam.

Pri tom se pod termičkom otpornošću mikroorganizama razumijeva njihova sposobnost da prežive termički postupak. Termička otpornost mikroorganizama ranije se određivala *toplinskim letalnim vremenom*, TLV ili (prema engleskom *thermal death time*) TDT, tj. vremenom termičkog tretiranja potrebnim da se na nekoj temperaturi unište svi mikroorganizmi. U posljednje je vrijeme TDT zamijenjeno *termičkom redukcijom*, TRT (prema engleskom *thermal reduction time*), tj. vremenom termičkog tretiranja potrebnim da se na nekoj temperaturi populacija nekog mikroorganizma smanji na neki dio početnog broja. Općenito se za taj dio uzima desetina, pa se računa s *vremenom decimalne redukcije* (u min), DRT (prema engleskom *decimal reduction time*) ili, jednostavno, D.

D je eksponencijalna funkcija temperature, što se može prikazati izrazom

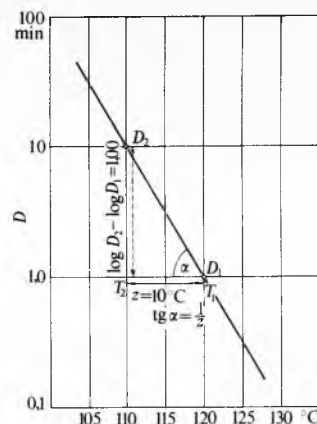
$$\log \frac{D_1}{D_2} = \frac{T_2 - T_1}{z}, \quad (2)$$

gdje su D_1 i D_2 vremena decimalne redukcije na temperaturama T_1 i T_2 , a z promjena temperature koja uzrokuje smanjenje D na desetinu vrijednosti (udeseterostručuje brzinu uništavanja mikroorganizama), tako da je $z = T_1 - T_2$ kad je $D_1/D_2 = 0,10$.

U jednakim uvjetima svaka vrsta mikroorganizama karakterizirana je specifičnom vrijednošću z . Obično su te vrijednosti od 5,5...14,4 °C. Općenito se uzima da se D smanjuje na desetinu kad se temperatura poviši za 10 °C (sl. 1). Tako je npr. za *Clostridium botulinum* $z = 10$ °C.

Tim povišenjem temperature kemijske reakcije kojima se degradiraju važni sastojci hrane postaju samo dva do tri puta

brže. Pri istom sterilizacijskom učinku prirodna svojstva hrane znatno se manje degradiraju kad je učinak postignut kratkotrajnim termičkim tretiranjem na višoj temperaturi, nego kad termički postupak duže traje na nižoj temperaturi.



Sl. 1. Ovisnost vremena decimalne redukcije o temperaturi

Zbog toga se neke metode sterilizacije, npr. HTST, HSS, UHT (prema engleskom *high temperature short time, high short sterilization, ultra high temperature*) zasnivaju na kratkotrajnom termičkom tretiranju na razmjerno visokim temperaturama. Međutim, zbog toga što ti postupci zahtijevaju brzu izmjenu topline s okolicom, primjena im je uglavnom ograničena na sterilizaciju hrane u kojoj se ta izmjena može pretežno odvijati konvekcijom (tekuća ili polutekuća hrana). Prednosti brze izmjene topline osobito se dobro mogu iskoristiti pri sterilizaciji prije ambalažiranja.

Stabilnost (u mikrobiološkom smislu) nekog steriliziranog proizvoda procjenjuje se na osnovi vjerojatnosti preživljenja mikroorganizama prisutnih prije termičkog tretiranja. Zapravo, prema općenito prihvaćenom teorijskom modelu nije moguće postići apsolutnu sterilnost hrane termičkim tretiranjem za određeno vrijeme, jer brzina uništavanja mikroorganizama slijedi zakonitost prema izrazu

$$N = N_0 \cdot 10^{-t/D_T}, \quad (3)$$

gdje je N_0 broj mikroorganizama ili spora prije termičkog tretiranja, N broj preživjelih mikroorganizama nakon termičkog tretiranja na konstantnoj temperaturi T tokom vremena t , a D_T vrijeme decimalne redukcije na toj temperaturi. Zbog toga se u praksi računa s tzv. *komercijalnom sterilnošću*. Ona se osigurava sterilizacijom na osnovi utvrđenih operativnih parametara (t i T), tako da se termičkim tretiranjem toliko smanji mikrobna populacija da je rizik od kvarenja konzerviranog proizvoda sveden u predviđene granice. Drugim riječima, mogućnost kvarenja neke konzervirane hrane ne procjenjuje se pojedinačno, već za cijelu proizvodnu partiju po vrsti proizvoda i uvjetima proizvodnje.

Termičko tretiranje radi sterilizacije hrane u kojoj se mogu razvijati patogeni mikroorganizmi mora biti takvo da je vjerojatnost da ga oni prežive vrlo mala. Općenito se smatra da je za to dovoljno $12 \cdot 15D$ (s obzirom na stanje prije sterilizacije). Rizik od kvarenja konzervirane hrane djelovanjem nepatogenih mikroorganizama smije biti znatno veći ako se pri tom ne riskiraju i prevelike komercijalne štete. Tada može zadovoljiti i sterilizacija koju preživljava 1 mikrobna stanica ili spora u $10^3 \cdot 10^4$ konzervi, za što je dovoljno termičko tretiranje od $5 \cdot 7D$.

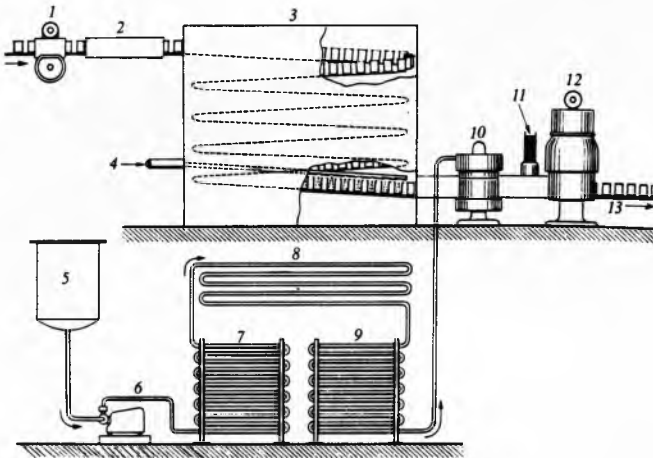
Režim potreban za sterilizaciju može se odrediti grafičkim ili analitičkim metodama na temelju vrijednosti z i krivulje prodiranja topline u proizvod koje se dobivaju eksperimentom. Pri tom treba uzeti u obzir da je termička otpornost mikroorganizama najveća kad je pH hrane koju treba sterilizirati ~ 7 , a što je niži, to je veća brzina njihova uništavanja. S

toga se gledišta hrana klasira na slabo kiselu (sa $pH > 4,5$) i kiselu (sa $pH < 4,5$).

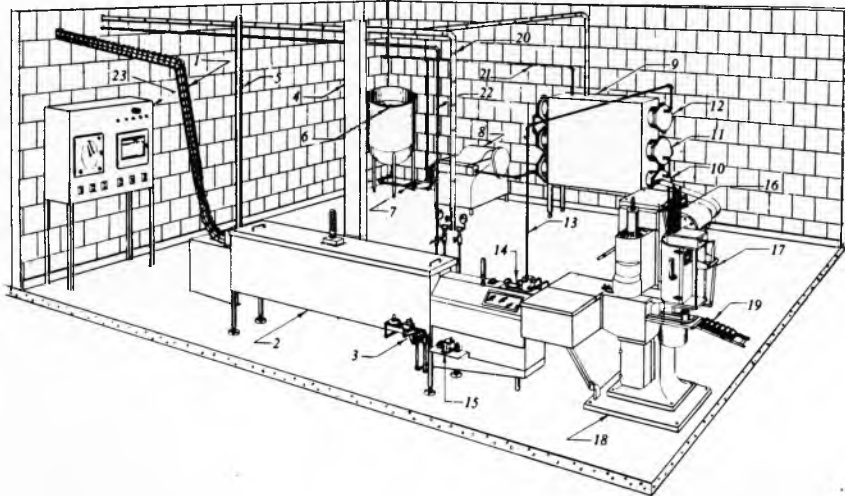
Za sterilizaciju kisele hrane (npr. prerađevina voća, tzv. mariniranih proizvoda), koja se pretežno kviri pod utjecajem aktivnosti kvasaca, plijesni i nesporogenih bakterija, dovoljno je termičko tretiranje do 100°C (pasterizacija). Temperatura za sterilizaciju slabo kisele hrane mora biti veća od 100°C .

Postupci i postrojenja za termičku sterilizaciju u prvom se redu razlikuju prema tome da li se sterilizira prije ili poslije ambalažiranja, ili se te metode kombiniraju.

Prije ambalažiranja sterilizira se uglavnom tekuća, polutekuća i kašasta hrana. Ambalaža se tada sterilizira pri punjenju vrućom steriliziranom hranom, ili ako to nije dovoljno, zatvoreni se proizvod dodatno podvrgava termičkom tretiranju. Međutim, u posljednje se vrijeme sve više primjenjuju tzv. aseptični postupci (sl. 2, sl. 3). Oni obuhvaćaju sterilizaciju i hlađenje pa tek onda ambalažiranje. Pri tom ambalaža mora biti sterilna, hrana se hladi poslije sterilizacije, a punjenje i zatvaranje (ambalaže) provodi se u aseptičnim uvjetima. Time se izbjegava sporo hlađenje konzervirane hrane, koje uzrokuje njezinu degradaciju. Aseptični uvjeti pri punjenju i zatvaranju ambalaže u tim se postupcima stvaraju atmosferom suhozasićene ili pregrijane vodene pare. Čvrsta hrana (npr. meso, riba, povrće, voće) pretežno se sterilizira nakon ambalažiranja u zatvorene posude.



Sl. 2. Princip aseptičnog postupka termičke sterilizacije prema Martinu (Schormülleru). 1 uređaj za pranje, 2 sušenje limenki, 3 sterilizator limenki, 4 dovod pregrijane pare, 5 spremnik hrane, 6 crpka, 7 grijalo, 8 sterilizator, 9 hladnjak hrane, 10 punilica, 11 sterilizator poklopaca, 12 zatvaračica, 13 transporter proizvoda



Sl. 3. Postrojenje za aseptični (Doleov) postupak sterilizacije tekuće, polutekuće i kašaste hrane. 1 dovod posuda, 2 sterilizator posuda, 3 uređaji za upravljanje plinskim grijanjem, 4 dimnjak, 5 odušak pare, 6 spremnik hrane, 7 trokraka slavina, 8 crpka, 9 kontinualno tlačno grijalo i hladnjak, 10 sekcija za grijanje, 11 sekcija za sterilizaciju, 12 hlađenje, 13 dovod sterilnog proizvoda, 14 punilica, 15 varijator brzine, 16 držač poklopaca, 17 sterilizator poklopaca, 18 zatvaračica, 19 odvod konzerviranog proizvoda, 20 parovod, 21 vodovod, 22 plinovod, 23 regulator i regulator temperature i alarmni sustav

Izbor postrojenja za konzerviranje sterilizacijom prije punjenja ambalaže na prvom mjestu ovisi o svojstvima hrane, vrsti ambalaže i njegovom kapacitetu. U postrojenjima za to

upotrebljavaju se različiti izmjenjivači topline konstruirani za brzi prijelaz topline i da se postigne brzo (flash) termičko tretiranje.

Za sterilizaciju hrane zatvorene u ambalažu upotrebljavaju se i kontinualni i šaržni postupci pod atmosferskim i pod višim tlakom. Najjednostavniji je aparat *vodena kupelj* grijana parom, posredno ili neposredno. Za veće kapacitete postoje i kontinualna postrojenja za sterilizaciju u vodenoj kupelji i hlađenje u jednom protoku. U ta postrojenja ubrajaju se i *tunelski pasterizatori*. Kroz te se aparate konzerve giblju obično na žičanim transporterima, a steriliziraju se grijanjem mlazovima vruće vode ili zasićene vodene pare usmjerenim na proizvod.

Za sterilizaciju pod tlakom većim od atmosferskog upotrebljavaju se *autoklavi*. Zbog sve veće upotrebe kontinualnih linija, sve se više napuštaju stariji šaržni uspravni i položeni autoklavi, a uvode kontinualni ili automatizirani šaržni autoklavi. Oni mnogo bolje zadovoljavaju zahtjeve koje traži suvremena (osobito tzv. meka) ambalaža, omogućuju postizanje boljih učinaka i veću ekonomičnost sterilizacije (tabl. 1).

Tablica 1
USPOREDBA POTROŠKA PARE, VODE ZA HLAĐENJE I RADNE SNAGE ZA POGON RAZLIČITIH TIPOVA AUTOKLAVA

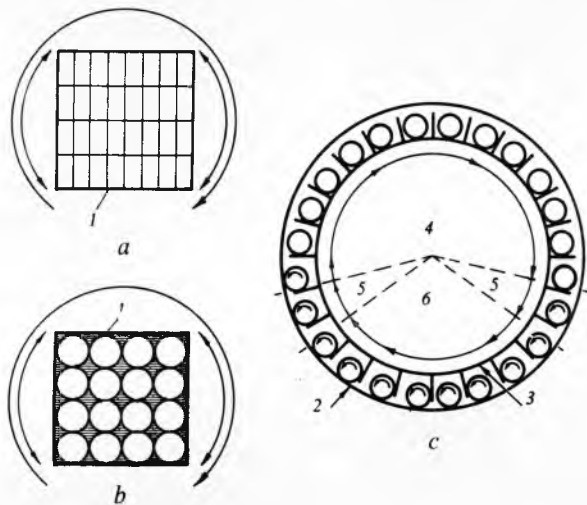
Tip autoklava	Potrošak pare %	Potrošak vode za hlađenje %	Radna snaga %
Klasični vertikalni autoklav	100	100	100
Pretlačni autoklav	85	85	60
Rotacioni pretlačni autoklav	70	75	60
Kontinuirani autoklav	50	16,6	10

U nekim se autoklavima pospješuje prijelaz topline i ubrzo sterilizacija pokretanjem konzervi (sl. 4). Za grijanje u sterilizacijskim autoklavima najviše se upotrebljava vruća voda ili vodena para. Pri tom je potrebno održavati konstantan tlak medija za vrijeme grijanja i za vrijeme hlađenja. To je potrebno kao protutlak tlaku koji vlada u konzervama dok se dovoljno ne ohlade, da bi se spriječilo naprezanje i deformacija ambalaže (nadimanje konzervi, koje nije uzrokovano kvarenjem, zvano *fizikalna bombaža*). U nekim se, npr. u pretlačnim autoklavima (sl. 5), to postiže ubrizgavanjem komprimiranog zraka ili visokotlačne pare.

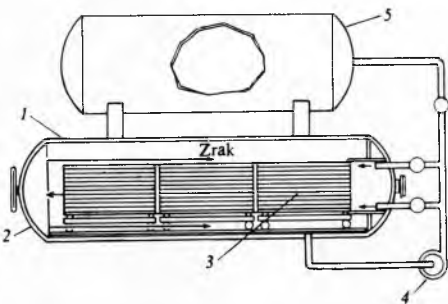
Održavanje primjerenog odnosa tlaka i temperature u svim fazama termičke sterilizacije vrlo je uspješno i u hidrostatskom autoklavu (sl. 6). Tlak pare u njegovoj koloni za sterilizaciju uravnotežen je stupcem vode u U-koloni s vrućom vodom. Kon-

zerve se izvama stavljaju na beskrajni lanac, koji ih zatim vodi na vrh i odatle na dno U-kolone s vrućom vodom, pa se na tom dijelu puta predgriju. Zatim slijedi sterilizacija pa-

rom, a nakon toga konzerve još jednom prolaze kroz vodu s vrhom prema dnu vruće U-kolone. Odatle dospijevaju u U-kolonu s hladnom vodom, gdje se giblju najprije s vrha prema dnu, a zatim obratno. Pri hlađenju na tom dijelu puta tlak je u konzervama djelomično kompenziran protutlakom vode. Kapacitet je hidrostatskih autoklava velik (60...1200 konzervi u min). U njima se može sterilizirati na 110...130 °C, za vrijeme 10...120 min.



Sl. 4. Principi pokretanja konzervi pri sterilizaciji rotacijskim autoklavima: a rotacijsko ili oscilacijsko prevrtanje konzervi s dna na poklopac, b rotacijsko ili oscilacijsko kruženje oko osi paralelne s osima konzervi, c gibanje konzervi u kontinualnim autoklavima s rotorom i statorom; 1 košare s konzervama, 2 stator, 3 rotor, 4 zona nošenja konzervi na rotoru, 5 zone klizanja konzervi po statoru, 6 zona kotrljanja konzervi po statoru



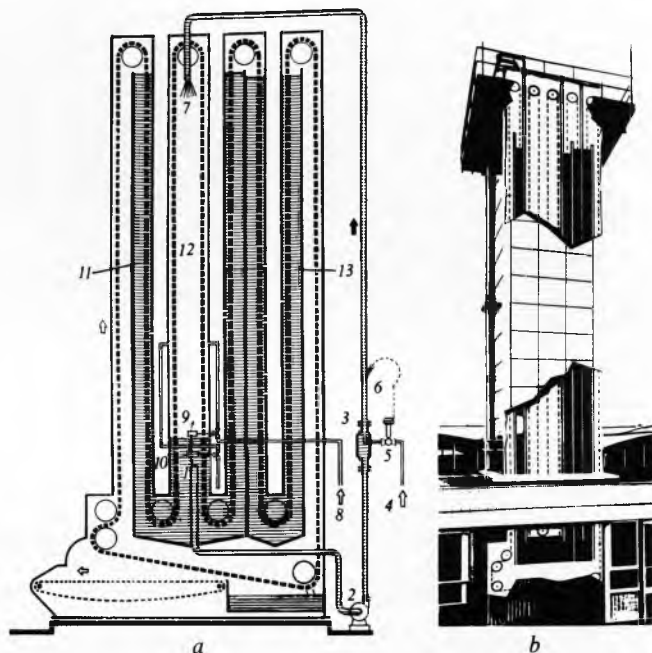
Sl. 5. Princip rada jednog od pretlačnih autoklava. 1 autoklav, 2 vrata, 3 tunel (nastaje spajanjem kolica) 4 crpka za cirkulaciju, 5 spremnik vruće vode i zraka

Osim za sterilizaciju vrućom vodom i vodenom parom, postoje i postrojenja za sterilizaciju vrućim zrakom i plamenom, ali je njihova upotreba prilično ograničena.

Priprema hrane za termičku sterilizaciju može obuhvaćati različite općenite operacije u procesima konzerviranja, već prema vrsti hrane, npr. pranje, sortiranje, kalibriranje, vađenje kostiju, rezanje, sitnjenje, pasiranje i blanširanje. Specifične operacije pripreme za termičku sterilizaciju mogu biti ekshauriranje, vakuumiranje, deaeracija i obrada parom. Osobito je u pripremi za termičku sterilizaciju važno ambalažiranje, koje je također dosta specifično.

Blanširanje je obrada hrane kipućom vodom ili strujom zasićene pare. Skoro se redovito upotrebljava u pripremi za konzerviranje povrća, često i voća. Njime se inaktiviraju enzimi koji kataliziraju reakcije degradacije, istjeruje se zrak iz staničnog tkiva, mijenja se konzistencija hrane, a ponekad se iz hrane uklanjaju nosioci nepoželjnog okusa i mirisa.

Specifične operacije pripreme za sterilizaciju također se upotrebljavaju za uklanjanje zraka iz konzervi, koje je potrebno



Sl. 6. Hidrostatski autoklav: a princip rada, b izgled; 1 usis cirkulacijske crpke, 2 cirkulacijska crpka, 3 komora za miješanje s direktnom parom, 4 dovod direktne pare, 5 regulacijski ventil dovoda pare, 6 osjetilo regulacijskog ventila, 7 raspršivač vruće vode, 8 dovod vruće vode, 9 i 10 pločvi regulatora razine vruće vode, 11 kolona s vrućom vodom, 12 kolona s parom (sterilizator), 13 U-kolona s hladnom vodom

da se ograniči oksidacijska degradacija hrane, deformiranje limenki za vrijeme sterilizacije, korozija njihova materijala, ili, pri ambalažiranju staklenkama, da se omogućí prikladno zatvaranje.

Za **ekshauriranje** napunjene se limenke prije zatvaranja ugriju provođenjem kroz vodenu kupelj. Za **vakuumiranje** konzervi služe vakuumske komore, u kojima se i zatvaraju. **Deaeracija** je uklanjanje zraka iz tekuće i polutekuće hrane raspršivanjem u komorama pod sniženim tlakom. **Obradom parom** uklanja se zrak, obično iz grla staklenki ubrizgavanjem pare pri zatvaranju tzv. vakuumskim zatvaračima.

Za **ambalažiranje** još se uvijek upotrebljavaju limenke (od bijelog lima ili aluminija) i staklenke. One najbolje zadovoljavaju zahtjeve konzerviranja termičkom sterilizacijom i zaštićuju konzerviranu hranu od kontaminacije izvana. Ipak, sve se više upotrebljava i druga ambalaža (npr. boce, tube, kutije). Općenito se bijeli lim, koji je ranije bio glavni materijal ambalaže za konzerve, sve više zamjenjuje mekim (fleksibilnim) materijalima, prije svega aluminijem i plastikom, te laminatima.

Izbor materijala za ambalažiranje pri konzerviranju termičkom sterilizacijom ovisi o svojstvima hrane i parametrima termičkog tretiranja, ali se i operacije tog konzerviranja prilagođuju primjeni novih materijala za ambalažu. Za te operacije danas služe potpuno mehanizirana i automatizirana postrojenja. Osim proizvodnje konzervi u prodajnoj ambalaži, tim se metodama u antiseptičkim uvjetima konzerviraju i veće količine poluproizvoda za dalju preradbu, npr. matičnih sokova, u cisternama i drugim posudama.

Zatvaranje limenki i staklenki osobito su važne operacije konzerviranja termičkom sterilizacijom jer o njima ovisi uspjeh cijelog procesa. Nedovoljno je brtvljenje, naime, na dodirnoj površini tih posuda s poklopcima ili zatvaračima obično glavni uzrok kontaminaciji izvana. Zbog toga poklopci limenki i zatvarači staklenki imaju prikladne brtve od gume ili plastične mase. Kao što se spaja dno s plaštem u proizvodnji limenki, tako se i staklenke zatvaraju pri konzerviranju danas samo ulančanim spojem (v. *Ambalaža*, TE 1, str. 260) automatiziranim strojevima velikog kapaciteta. Staklenke se zatvaraju čelno (npr. krunskim zatvaračima), obodno, ili kombinirano (čelno i obodno), skoro samo djelovanjem vakuuma ili mehanički.

Kvarenje proizvoda konzerviranih termičkom sterilizacijom ponekad se očituje bombažom (za staklenke bombažom poklopaca). Ta se bombaža ne može izvuna razlikovati od fizikalne, nastale oslobađanjem plinova prisutnih u hrani prije zatvaranja u podusu ili povećanjem volumena od bubrenja ili smrzavanja. Fizikalna bombaža zapravo nije nastala zbog kvarenja. Bombaža koja je posljedica kvarenja može nastati razvijanjem plinovitih proizvoda metabolizma mikroorganizama (*mikrobiološka bombaža*) ili kemijskim procesima (*kemijska bombaža*).

Najopasnije su za ljudski organizam konzerve deformirane mikrobiološkom bombažom. Kad bombažu uzrokuje jedna od vrsta mikroorganizama, ona može nastati zbog nedovoljne sterilizacije, a kad je uzrokuje miješana flora, ona nastaje zbog nedovoljne hermetičnosti posude. Međutim, neki mikroorganizmi kvare konzerve metabolizmom bez razvijanja plinova, pa i bez pojave bombaže. To su tzv. *flat-sour bakterije*, koje samo povećavaju kiselost hrane.

Plin koji uzrokuje kemijsku bombažu zapravo je vodik nastao reakcijama kiselih sastojaka hrane s neprikladnim ili nedovoljno zaštićenim (slabo verniranim) materijalom limenke.

Fizikalna bombaža najmanje je opasna i može se lako izbjeći prikladnom pripremom za termičku sterilizaciju i pažljivom manipulacijom proizvodima.

KONZERVIRANJE HLAĐENJEM

Konzerviranje hlađenjem jest hlađenje hrane do temperature koja je nešto viša od ledišta njena staničnog soka i njeno održavanje na toj temperaturi. Time se usporavaju promjene hrane sa živim tkivima uzrokovane metabolizmom i drugim životnim procesima (npr. dozrijevanjem voća) i promjene hrane s mrtvim tkivima uzrokovane katalizom autohtonim enzimima i djelovanjem mikrobne populacije, jer se istodobno smanjuje i njen rast i njena aktivnost. Računa se da se brzina tih promjena smanjuje na 1/2...1/3 kad se snizi temperatura za 10 °C.

Primjena konzerviranja hlađenjem. Smatra se da konzerviranje hlađenjem najmanje pogoršava upotrebna svojstva hrane od svih metoda konzerviranja. Hlađenjem se osigurava različita održivost hrane za upotrebu, a ona ovisi o vrstama hrane (tabl. 2 i 3). Ta se održivost, međutim, može samo malo produžiti tom metodom konzerviranja. Održivost hrane hlađenjem može se povećati ako se smanji koncentracija kisika u atmosferi, a povećana koncentracija ugljik(IV)-oksida (*hlađenje u kontroliranoj*

atmosfera). Osim toga, postoji i optimalna temperatura hlađenja. I ona zavisi od vrste i podvrste, ali još i od fizikalnog stanja i svojstava, te od namjene i roka upotrebe hrane (tabl. 4).

Tablica 4
UVJETI SKLADIŠTENJA I TRAJNOST VOĆA I POVRĆA
U SKLADIŠTU

Vrsta		Temperatura °C	Relativna vlažnost %	Trajnost u skladištu
Limuni		12...14*	—	4...5 mjeseci
Grape-fruit (grefrut)		3...5**	—	3 mjeseca
Naranče	Valencia	6...8	—	6...8 tjedana
	Jaffa	8...9	—	2...3 mjeseca
Banane	Gros Michel	12	—	12 dana
	Lacatan	14,4	—	11...13 dana
	Poyo	12	—	14 dana
	Grande Naine	12	—	14 dana
Jabuke	Crveni i zlatni delicious (delišes)	-0,5	90...95	1...9 mjeseci
	Jonatanka	1...2	—	—
	Kanatka, Ontario, Bellefleur (Belfler), Cok's Orange	3...4	—	—
Kruške	Krasanka (Passe Crassane)	3...4	90...95	1...7 mjeseci
	Dekantkinja (zimska), Viljamovka, Konferans (Conference)	0	—	—
Grožđe		-0,5...0	85	2...6 mjeseci
Koštuničavo voće		0	85	1...5 tjedana
Celer, mrkva, kupus		-0,5...0	—	6...9 mjeseci
Kumpir		4	—	6...9 mjeseci
Crveni (crni) luk		-2	75...80	6...8 mjeseci
Grašak		0...2	—	—
Rajčice		5	85...90	7...10 dana

*Prema talijanskim; **prema jugoslavenskim izvorima.

Redovito je potrebno ohladiti pokvarljivu hranu na povoljnu temperaturu što prije nakon dobivanja (npr. branja, ulova, klanja) i održavati tu temperaturu u svim fazama manipulacije (transport, skladištenje, prodaja), sve do konzumiranja. Osobito je to potrebno pri konzerviranju nekih vrsta voća i povrća s metabolitima vrlo sklonim pretvorbama, zbog čega nakon berbe vrlo brzo nastupa degradacija kvalitete.

Voće i povrće vrlo se često prethlađuje. To je vrlo brzo hlađenje, koje se provodi različitim metodama (npr. strujom hladnog zraka, raspršivanjem hladne vode ili uranjanjem u nju, suhim ledom, kratkotrajnim djelovanjem vakuuma). Svrha je ne samo da se povećata trajnost hrane nego i da se izbjegnu fluktuacije temperature u skladištu pri spremanju. Kad se računa potrebni rashladni učin pri konzerviranju voća i povrća koje diše još i nakon branja, uzima se u obzir još i hlađenje za odvođenje topline metabolizma.

Preniska vlažnost zraka pri konzerviranju hrane hlađenjem smanjuje njene kvalitete (npr. dehidracijom, gubitkom težine, smežuranjem), a previsoka vlažnost pogoduje razvoju mikroorganizama, osobito plijesni. Zbog toga je uz održavanje povoljne temperature potrebno održavati i povoljnu relativnu vlažnost zraka. Najčešće je to 85...95% (za jaja 80...85%, za meso i voće 85...90%, ponekad i više, a za povrće 90...85%).

Održavanje temperature i vlažnosti zraka osobito je važno pri konzerviranju voća i povrća hlađenjem. Za mnoge je vrste pri tom optimalna temperatura skladišta nekoliko °C viša od ledišta. Na nižim temperaturama može se pojaviti tzv. *nisko-temperaturno oštećenje* (posmeđivanje i promjena teksture tkiva). Za neke vrste voća te su temperature znatno više (npr. za neke vrste banana ~15 °C).

Neka se hrana hladi ne samo zbog konzerviranja nego i da joj se poboljša kvaliteta. Tako se npr. hlađenjem meso još i *kondicionira* (poboljšavaju mu se tekstura i druga organolep-

Tablica 2
PROSJEČNA TRAJNOST NEKIH VRSTA HRANE

Vrsta hrane	Prosječna trajnost (dana)		
	na 0 °C	na 21,1 °C	na 37,8 °C
Životinjsko meso	10	1	manje od 1
Riba	7	1	manje od 1
Piletina (perad)	18	1	manje od 1
Dehidratirano meso i riba	1000 i više	350 i više	100 i više
Voće	2...180	1...20	1...7
Dehidratirano voće	1000 i više	350 i više	100 i više
Lisnato povrće	3...20	1...7	1...3
Korjenasto povrće	90...300	7...50	2...20
Suho sjemenje	1000 i više	350 i više	100 i više

Tablica 3
NAJPOVOLJNIJI UVJETI ZA SKLADIŠTE OHLADENOG MESA

Vrsta	Temperatura °C	Relativna vlažnost %	Moguća trajnost u skladištu (približno)
Govedina (u 10% CO ₂)	-1,5...0	90	4...5 tjedana
Teletina	-1,5	90...95	do 7 tjedana
Ovčetina	-1,0...0	90	1...3 tjedna
Svinjetina	-1,0...0	90	1...2 tjedna
Slanina	-1,5...0	80...90	1...2 tjedna
Iznutrice	-3,0...-1	80...90	1 mjesec
Dimljeni jezici	-1,0...0	75...80	3 dana
	+1,0...+5	80...85	6 mjeseci

tička svojstva). Slično vrijedi za sireve, vina i neke druge vrste hrane.

Već prema vrsti hrane, ponekad se za poboljšavanje konzerviranja hlađenjem istodobno poduzimaju i druge mjere, npr. upotreba fungicida, antibiotika, ozonizacije i zračenja za redukciju aktivnosti mikroorganizama, oblaganje voskom, uranjanje u mineralno ulje (jaja) za sprečavanje dehidratacije i omatanje u folije.

Postupak konzerviranja hlađenjem. Izbor najprikladnijeg načina hlađenja radi konzerviranja ovisi o vrsti hrane, brzini kojom se hladi i temperaturi na koju treba hranu ohladiti, te trajanju transporta i skladištenja.

Najčešće se hladi bržom ili sporijom strujom hladnog zraka preko hrane, već prema fazi hlađenja i namjeni. Mokri led danas se pretežno upotrebljava za hlađenje ribe i rakova, te za kratkotrajni transport i skladištenje (npr. voća). Ponekad se u transportu hrane, a i za prethlađenje upotrebljavaju i suhi led i kapljevit ugljik(IV)-oksid.

Za ohlađivanje tekuće hrane (npr. mlijeka, sokova) upotrebljavaju se izmjenjivači topline (obično pločasti, cijevni) s različitim rashladnim sredstvima.

Za održavanje vlažnosti skladišta upotrebljavaju se različiti raspršivači, ovlaživači i odvlaživači.

Kontrolirana (modificirana) atmosfera danas se sve više upotrebljava pri konzerviranju hlađenjem, osobito za čuvanje voća i povrća. Pri tom se koncentracija kisika obično smanji na ~3%, a koncentracija ugljik(IV)-oksida poveća na 2...5%, a ponekad i više. Time se usporavaju procesi u živim tkivima, osobito voća i povrća. Kao i optimalna temperatura i vlažnost, i optimalni sastav kontrolirane atmosfere ovisi o vrsti i podvrsti voća.

Ranije se kontrolirana atmosfera u skladištima uspostavljala biološki, uz uklanjanje viška ugljik(IV)-oksida sredstvima koja ga vežu (tzv. *skrubiranjem*). Danas za to služe automatski plinski generatori na principu katalitičke oksidacije propana ili butana. Za to je potrebna izolacija komora koja osigurava ne samo dovoljno malo dovođenje topline nego i dovoljnu hermetičnost.

Osim tih, postoje i druge mogućnosti primjene kontrolirane atmosfere, npr. obogaćene ugljik(IV)-oksidom pri konzerviranju mesa i jaja ili, za tzv. kontrolirano (ubrzano, umjetno) dozrijevanje voća, kontrolirane atmosfere obogaćene kisikom (do koncentracija od 50...55%), na višim temperaturama (od 16...24 °C), s malom koncentracijom ugljik(IV)-oksida i visokom relativnom vlažnošću (95...98%). Za to se, npr. za dozrijevanje banana i tzv. razelenjavanje agruma, upotrebljavaju još i smjese etilena i dušika.

KONZERVIRANJE SMRZAVANJEM

Za razliku od konzerviranja hlađenjem, smrzavanjem se hrana može konzervirati na mnogo duže, pod nekim uvjetima neograničeno vrijeme, zbog toga što se kristalizacijom vode praktički zaustavljaju svi procesi kvarenja.

Kako sastojci staničnog soka vežu razmjerno mnogo vode, (npr. proteini i ugljikohidrati do 40% od njihove mase, smrzavanjem se ne može kristalizirati sva voda u hrani. Osim toga, voda koja može kristalizirati iz staničnog soka, tzv. slobodna voda, počinje se lediti tek kad se pothladi (ispod 0 °C), a izlučivanje se leda nastavlja uz progresivno snižavanje ledišta, jer su u staničnom soku otopljene tvari koje snižuju ledište vode i taj efekt jača s povećanjem koncentracije tih tvari koje prate proces. Općenito je hrana to stabilnija što je više njene vode kristalizirano.

Nepotpuna kristalizacija vode u smrznutoj hrani omogućuje razmazanje nekih tzv. psihofilnih mikroorganizama i na temperaturama -5...-10 °C, pa je za sigurno, vremenski neograničeno konzerviranje smrzavanjem potrebno skladištenje na temperaturi nižoj od -10 °C.

Smrzanjem, međutim, pojavljuju se, već prema načinu tvorbe leda, veće ili manje ireverzibilne promjene hrane, koje mogu biti štetne, osobito kad je potrebno očuvati strukturu i teksturu. One na prvom mjestu nastaju zbog narušavanja ravnoteže polidisperznog sistema stanice koje nastaje kristalizacijom vode. To su dehidratacija i precipitacija koloida i već spomenuto povećanje koncentracije staničnog soka, te tendencija vode da napušta stanice i kristalizira u međustaničnim prostorima. Te su promjene to intenzivnije što je sporije smrzavanje. Osim toga, što je smrzavanje hrane sporije, nastaju veći kristali leda, a time veća i mehanička oštećenja tkiva. Obrnuto, sitni kristali leda u smrznutoj hrani znače da je hrana bila

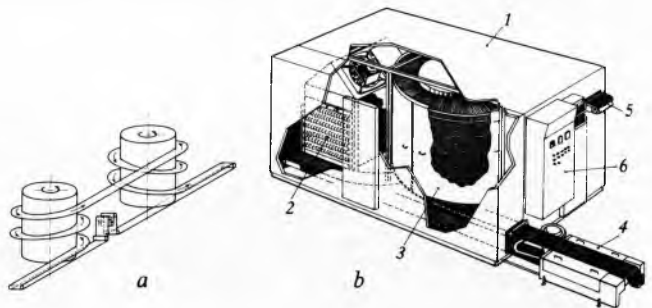
brzo ohlađena i da su joj se upotrebna svojstva malo promijenila smrzavanjem.

Brzo smrzavanje osobito je važno pri konzerviranju hrane s velikim sadržajem vode, a najviše u zoni najjačeg formiranja kristala leda (0...-5 °C). Pri smrzavanju hrane s malim sadržajem vode to nije toliko važno zbog načina tvorbe leda, već se tako smanjuje aktivnost mikroorganizama u području odvođenja latentne topline. Osim toga, da se spriječe pretvorbe u fazi leda, osobito rast kristala, općenito je važno da se nakon smrzavanja temperatura hrane i održi dovoljno niskom (-18...-20 °C, a za tzv. dubokosmrznu proizvodnju i nižom) i bez fluktuacija za sve vrijeme do konzumiranja. Zbog toga distribucija smrznute hrane zahtijeva primjerene investicije u čitavom lancu od proizvodnje do kućanskih hladnjaka.

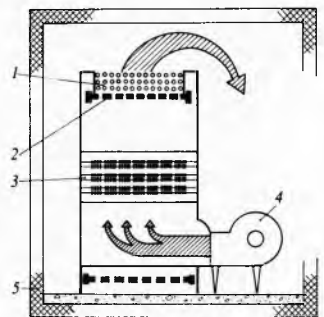
Postupci smrzavanja hrane biraju se najviše prema tome da li je hrana sirova ili prerađena, da li je ambalažirana ili nije, kolika je debljina njena sloja, kolika joj je latentna toplota smrzavanja. Pri tom se još i slijedi opća tendencija povećanja brzine smrzavanja i upotrebe što ekonomičnijih kontinualnih postrojenja što većih kapaciteta.

Postupci smrzavanja hrane klasiraju se prema brzini prodiranja fronte leda u hranu: spori (0,1...0,2 cm/h), brzi (0,5...3 cm/h) i vrlo brzi postupci (5...10 cm/h), i prema načinu odvođenja topline (smrzavanje strujom hladnog zraka, imerzijom u rashladno sredstvo i kontaktom s hladnim površinama). Veliki proizvođači smrznute hrane sve češće kombiniraju te postupke.

Smrzavanje hrane strujom hladnog zraka najduže se primjenjuje. Danas je u upotrebi nekoliko tipova komornih i tunelskih aparata za takvo smrzavanje. Kroz te aparate hrana se transportira jednom ili, za ekonomičnije iskorištenje procesnog prostora, s više transportnih traka, ili spiralno zavijenom trakom (sl. 7). Najjednostavniji su među njima komorni aparati, u kojima smrzavanje nije automatizirano. U tunelskim aparatima za smrzavanje strujom hladnog zraka moguće su mnogo veće brzine strujanja, pa i brži proces. (Kroz najjednostavnije aparate te vrste hrana se transportira složena na kolicima.)



Sl. 7. Aparati za smrzavanje hrane strujom hladnog zraka na spiralno zavijenoj beskrajoj traci. a princip transporta kroz aparat sa dva bubnja, b jedan od aparata (gyrofreeze) s jednim bubnjem; 1 komora, 2 isparivač rashladnog postrojenja, 3 plašt bubnja, 4 i 5 ulazni i izlazni dio beskraje transportne trake, 6 komandna ploča



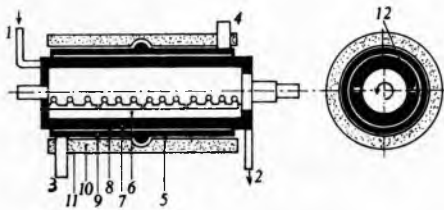
Sl. 8. Princip rada aparata za smrzavanje hladnim zrakom u fluidiziranom sloju (poprečni presjek). 1 hrana, 2 transportna traka, 3 isparivač rashladnog postrojenja, 4 ventilator, 5 izolacija

Kapaciteti tih aparata variraju prema vrsti hrane i uvjetima procesa. Već prema prirodi i obliku hrane, te prema tome da li je pakovana (tada i prema debljini materijala ambalaže)

ili nije, smrzavanje tim postupcima traje od nekoliko minuta do tri, pa i četiri sata.

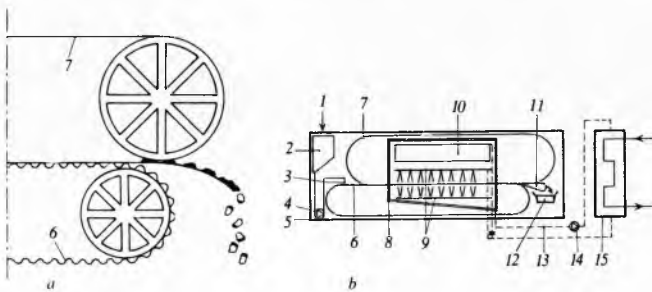
Hrana koja se sastoji od manjih komadića (npr. grašak, jagodasto voće) ili usitnjena u čestice prikladne veličine može se smrzavati hladnim zrakom i u fluidiziranom sloju (v. *Fluidizacija*, TE 5, str. 487). Za to služe i komorni aparati i aparati s trakama (sl. 8). Najveća je prednost tih postupaka hlađenje na velikoj površini uz turbulenciju, kojom se postiže vrlo velik koeficijent prijelaza topline s hrane na zrak ($\sim 210 \text{ kJm}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

Smrzavanje hrane na hladnim površinama primjenjuje se pri konzerviranju pakovane, ali i nepakovane hrane nepravilnog oblika (npr. špagle, karfiol, riba), te tekuće i polutekuće hrane. Za zamrzavanje čvrste hrane služe aparati s vodoravnim i okomitim rashladnim površinama hlađenim različitim sredstvima na $-34 \dots -37 \text{ } ^\circ\text{C}$. Time se postižu brzine smrzavanja od $\sim 2,5 \text{ cm/h}$. Od nepakovane čvrste hrane formiraju se komadi četvrtastog oblika prikladnog za pakovanje u kartonsku ambalažu. Većina tih aparata ima uređaje za automatsko punjenje i rade kontinualno.



Sl. 9. Jedan od aparata za smrzavanje tekuće i polutekuće hrane hladnim bubnjem. 1 ulaz hrane, 2 izlaz hrane, 3 i 4 ulaz i izlaz rashladnog medija, 5 dvostruki plašt, 6 vratilo, 7 prostor za smrzavanje hrane, 8 stijenka plašta s rashladnim sredstvom, 9 rashladno sredstvo, 10 izolacija, 11 pokrivač, 12 nož za struganje

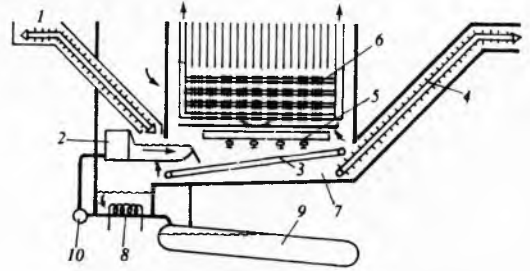
Za brzo smrzavanje tekuće i polutekuće hrane na hladnim površinama upotrebljavaju se različiti aparati. U nekim se od njih, npr. u tzv. Votatoru, hrana samo djelomično smrznuta rotira (sl. 9), pa nakon toga ambalažira i tek zatim smrzne do kraja. Najnoviji aparati za brzo smrzavanje (za $2,5 \dots 3,5 \text{ min}$) te vrste jesu tzv. pelofreezeri (sl. 10) u kojima se hrana još i peletizira (u pelete dimenzija $40 \times 20 \times 8 \text{ mm}$). Prednost je hrane smrznute u pelete u tome što se može pakovati u jeftinu ambalažu od plastičnih folija ili kartona, te što se jednostavnije odmrzava nego smrznuta u veće komade. Taj je postupak prikladan za smrzavanje npr. voćne pulpe, sokova, jajčanih melanža, pirea od povrća, umaka, specijalnih ingredijenata, mljevene ribe i usitjenih mesnih proizvoda.



Sl. 10. Pelofreezer. a princip rada, b shema (uzdužni presjek); 1 ulaz, 2 prihvatna posuda, 3 uređaj za raspršivanje, 4 crpka, 5 stijenka aparata, 6 profilirana beskrajna traka, 7 ravna beskrajna traka, 8 izolirana komora za smrzavanje, 9 sapnice za raspršivanje, 10 posuda za rashladni medij, 11 uređaj za završno formiranje peleta, 12 transporter smrznute hrane, 13 cjevovod rashladnog medija, 14 crpka rashladnog medija, 15 uređaj za hlađenje rashladnog medija

Smrzavanje hrane imerzijom i raspršivanjem također se provodi konvektivnim hlađenjem kao kod smrzavanja hladnim zrakom, s tom razlikom što su pri tom rashladna sredstva kapljevina, tzv. *kriogenici*. Kriogenici koji se najčešće upo-

trebljavaju za duboko smrzavanje izravnim dodirnom jesu kapljeviti dušik, zrak, ugljik(IV)-oksid i, osobito, freoni (sl. 11). Kriogenici koji služe za smrzavanje na temperaturama višim nego pri dubokom smrzavanju uglavnom su rasoline i alkohol. Primjenljivi su samo za smrzavanje ambalažirane hrane.



Sl. 11. Shema postrojenja za smrzavanje kapljevitim freonom. 1 transporter s košarama, 2 otvoreni spremnik freona, 3 transportna traka, 4 elevator s košarama, 5 raspršivač freona, 6 kondenzator freona, 7 tunel, 8 kondenzator za rekuperaciju, 9 zatvoreni spremnik freona, 10 crpka za recirkulaciju freona

Prednosti se smrzavanja kriogenicima u usporedbi sa smrzavanjem hladnim zrakom zasnivaju na boljem prenošenju topline kapljevinama (čak i kad im je temperatura viša od temperature hladnog zraka), što ubrzava postupak i nižu temperaturu (tabl. 5). Nedostaci su smrzavanja kriogenicima u tome što se pri tom proizvodi mogu raspucati, pa i raspasti se (osobito u dodiru s kriogenicima vrlo niske temperature). Osim toga, gubici su isparivanjem kriogenika često previsoki za komercijalnu primjenu tih postupaka. Ipak, ti se gubici mogu dovoljno smanjiti prikladnim mjerama, koje se isplate kad je vrijednost koja se konzervira dovoljno velika. Gubici su to manji što su komadi hrane deblji, što je temperatura hrane na ulazu u aparat za smrzavanje niža i što je proces u aparatu brži.

Tablica 5
USPOREDBA POSTUPAKA SMRZAVANJA

Vrsta hrane		Postupak smrzavanja			
		strujom hladnog zraka u fluidiziranom sloju	kapljevitim freonom	kapljevitim dušikom	klasični tunelski
Jagode	Vrijeme smrzavanja min	14	3	5	900
	Temperatura nakon smrzavanja $^\circ\text{C}$	-23	-25	-28	-20
	Gubitak težine %	1,5	0	1,4	2,7
Šampinjoni	Vrijeme smrzavanja min	22	3	5	180
	Temperatura nakon smrzavanja $^\circ\text{C}$	-20	-30	-26	-20
	Gubitak težine %	1,2	0	1,9	2,5

Priprema hrane za smrzavanje često se može, uz operacije potrebne za upotrebu smrznutog proizvoda (npr. priređivanje polugotovih ili gotovih jela), obuhvatati i operacije potrebne za uspješno konzerviranje. Tako se npr. povrće redovito blanšira da bi se inaktivirali enzimi, a neke se vrste voća tretiraju askorbinskom kiselinom ili prelijevaju šećernim sirupom da bi se spriječila neželjena promjena boje i teksture te gubici arome.

KONZERVIRANJE KONCENTRIRANJEM

Konzerviranje koncentriranjem (ugušćivanjem) zasniva se na *osmoanabiozi* (anabiozi uzrokovanj povećanjem osmotskog tlaka), ponekad u kombinaciji s *acidoanabiozom* (anabiozom uzrokovanim povećanjem kiselosti), a da bi se time stabilizirala neka hrana, potrebno je da joj sadržaj otopljene čvrste (tzv. suhe) tvari nakon obrade bude dovoljno visok. Tako, npr., da

bi se spriječila mikrobiološka aktivnost u otopinama šećera, obično je potrebno da sadržaj šećera bude ~70%, ali to zavisi i od drugih faktora, osobito pH.

Iako se često jednaki efekt može postići dodacima topljivih tvari (npr. šećera, soli), pod konzerviranjem ugušćivanjem u praksi se razumijeva uglavnom samo uklanjanje vode uparivanjem tekuće i kašaste hrane, najviše voćnih sokova i sokova od povrća. Barem zasad ne mogu se komercijalno iskoristiti, ili barem ne za širu primjenu, druge metode konzerviranja koncentriranjem. Od tih se danas upotrebljavaju samo koncentriranje smrzavanjem i reverznom osmozom.

Koncentriranje se ne provodi samo radi konzerviranja, već, čak i češće, i radi štednje skladišnog prostora i radi smanjivanja transportnih troškova tekuće hrane. Pri tom se obično konzervira kombinacijom koncentriranja s drugim metodama (npr. sterilizacijom, hlađenjem).

Koncentriranje uparivanjem, osobito pod sniženim tlakom (u vakuumu), koje se najviše primjenjuje, ekonomično je i, sa gledišta vođenja procesa, jednostavno i fleksibilno, pa još uvijek prevladava pri koncentriranju tekuće i kašaste hrane, i vjerojatno će to još dugo biti usprkos poteškoćama u sprečavanju smanjivanja kvalitete termičkom degradacijom i gubicima nosilaca arome koji prate to koncentriranje.

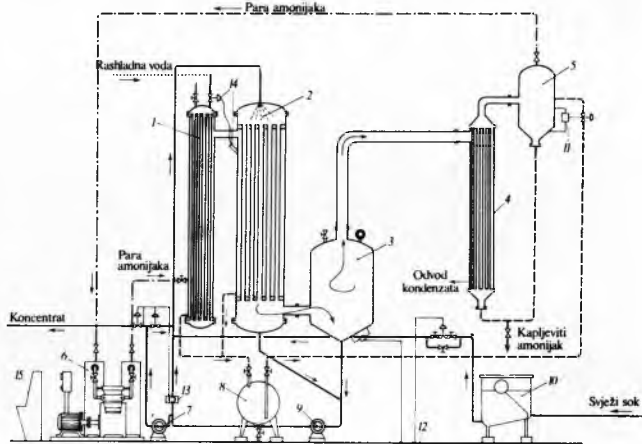
Glavna među tim poteškoćama jest slaba selektivnost uklanjanja vode iz sokova uparivanjem, jer se pri tom sa suparama gube i nosioci arome. To se može djelomično kompenzirati dodavanjem svježeg soka dearomatiziranom koncentratu, jer je time učinak rearomatizacije nerazmjerno malen u usporedbi s istodobnim razrjeđivanjem koncentrata. Znatno je djelotvornija rearomatizacija koncentratima nosilaca aroma koji se mogu dobiti rektifikacijom i apsorpcijom iz supara od uparivanja soka. Međutim, ni takva rearomatizacija nije potpuna, jer se iz supare praktički ne mogu izdvojiti neke komponente tvari arome (vrlo hlapljive i one s vrelištem bliskim ili većim od vrelišta vode), pa se i uz rekuperaciju prosječno gubi ~40% arome.

Intenzitet termičkih degradativnih promjena sokova uzrokovanih uparivanjem zavisi od reoloških svojstava hrane, temperature i trajanja procesa. Da intenzitet tih promjena bude što manji, općenito je potrebno provođenje procesa na što nižim temperaturama, za što kraće vrijeme. Osobito je to važno pri uparivanju sokova osjetljivih na termičku obradu, na prvom mjestu kašastih, jer oni sadrže suspenzoidne (netopljive čestice) i koloide koji ih čine nenjutnovskim kapljevina, pa im je koeficijent prijenosa topline više zavisian od brzine strujanja nego u bistrim sokovima.

Zbog toga se za konzerviranje ugušćivanjem sve više upotrebljavaju sistemi za isparivanje iz tankog sloja (filma). U tu svrhu upotrebljavaju se isparivači sa silaznim (padajućim), uzlaznim ili prisilnim strujanjem.

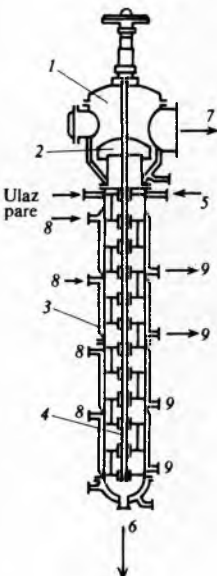
Jedan je od upotrebljivih isparivač sistema Sambahy (sl. 12). U visokom, užem, cilindričnom djelu, koji ima nekoliko ogrjevnih parnih plaševa, okreće se vratilo s krilcima odmaknutim 1...2mm od stijenke s koje prelazi toplina, ili brisalima od prikladnog nemetalnog materijala, obješenim tako da se njišu i kližu po stijenci. Sok se uvodi u aparat odozgo, pa teče po stijenci. Koncentrat se izvodi s dna aparata.

Uparivanje sokova osjetljivih prema temperaturi može se vrlo prikladno provesti grijanjem latentnom toplinom plinova koji kondenziraju u postrojenjima koja funkcioniraju na jednakom principu kao i rashladna, npr. amonijakna (sl. 13), postrojenja. Pri tom se kompresijom pregrijane pare amonijaka najprije ohlade vodom do rosišta, pa vode u kondenzator koji je ujedno i isparivač (s padajućim filmom) za sok. Proces u isparivaču soka vodi se pod toliko sniženim tlakom da se uparivanje odvija na 25 °C. Isparivač amonijaka grije se suparom.

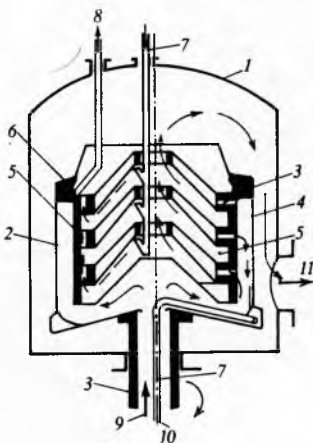


Sl. 13. Shema niskotemperaturnog isparivača s padajućim filmom (proizvođač Jedinstvo, tip NTI)

Za uparivanje uz prisilno strujanje filma služe centrifugalni isparivači (sl. 14). Rotor je tih aparata učvršćen na šuplje vratilo koje se dovodi ogrjevna para (u prostor između njegova plašta i bubnja lamela) i izvodi kondenzat. Sok se uvodi u aparat kroz kućište u koje je zatvoren rotor i koje služi kao dom za supare. Na dovod soka nastavlja se razvodna cijev kojom sok dospjeva na lamele, gdje kliže prema njihovoj obodu, a pri tom nastala supara odvodi se okomito središnjim kanalom. Pod tlakom koji nastaje djelovanjem centrifugalne sile sok dalje struji kroz okomite bubnja u sabirni kanal na njegovu gornjem rubu. Iz tog se kanala odvodi koncentrat.



Sl. 12. Shema tankoslojnjog isparivača tipa Sambahy (tvrtke R. Schneider). 1 parni dom, 2 odbojnik kapljica, 3 cilindar s ogrjevnim plaševima, 4 vratilo s brisalicima, 5 ulaz soka, 6 izlaz koncentrata, 7 izlaz supare, 8 ulazi ogrjevne pare, 9 izlazi kondenzata



Sl. 14. Shema centrifugalnog isparivača tipa Centri-Therm (tvrtke De Laval). 1 kućište, 2 plašt bubnja, 3 šuplje vratilo, 4 bubanj s lamelama, 5 okomiti kanal za koncentrat, 6 kanal za skupljanje koncentrata, 7 dovod soka razvodnom cijevi, 8 odvod koncentrata, 9 dovod ogrjevne pare, 10 odvod kondenzata, 11 odvod supare

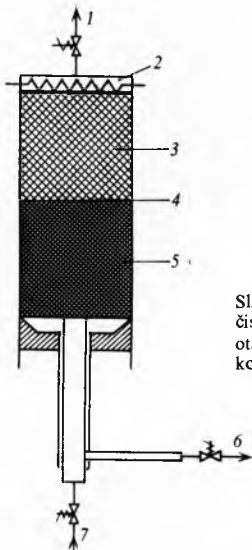
Postrojenja za konzerviranje koncentriranjem danas se sve više konstruiraju kao kombinacija stanice za isparivanje i stanice za rekuperaciju i koncentriranje nosilaca arome. Brojna su

tehnička rješenja tih kombinacija. Upotrebljavaju se jednostepene, dvostepene i trostepene stanice za isparivanje, s termokompresijom ili bez nje, ili s grijanjem na principu kao na sl. 13. Reuperacija nosilaca aroma izvodi se i pod atmosferskim, ili, za većinu sokova, pod sniženim tlakom.

Osobito se mnogo radi na uklanjanju teškoća pri koncentriranju sokova velike konzistencije. Jedan je od najuspješnijih postupaka koji su u posljednje vrijeme izrađeni tzv. *serumski postupak*. U tom postupku izdvajaju se suspenzoidi iz soka prije uparivanja. Oni se ponovno vraćaju u koncentrat.

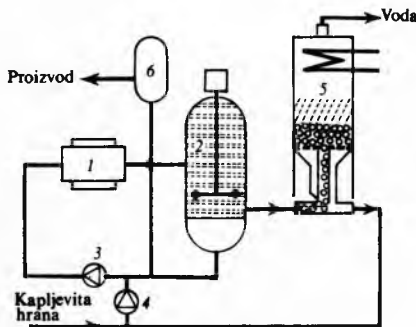
Koncentriranje smrzavanjem (kriokonzentracija) obuhvaća frakcijsku kristalizaciju vode iz soka smrzavanjem i razdvajanje kristala leda od koncentrata. Glavna je prednost tog procesa što omogućuje da se dobije koncentrat sa skoro potpuno očuvanim organoleptičkim svojstvima sirovog soka.

Glavne poteškoće koje treba savladati da se tim procesom postigne zadovoljavajući uspjeh jesu ostvarivanje dovoljno selektivne kristalizacije vode i djelotvorne separacije kristala. Prvo je najuspješnije riješeno razdvajanjem formiranja klica (nukleacije) od rasta (tzv. rekristalizacije) kristala leda, a drugo primjenom tzv. kolone za isparivanje (sl. 15).



Sl. 15. Princip rada kolone za isparivanje. 1 izlaz čiste vode, 2 grijalo, 3 čisti kristali u području otapanja, 4 fronta (zona) isparivanja, 5 kristali leda u koncentriranom soku, 6 izlaz koncentrata, 7 ulaz suspenzije kristala iz kristalizatora

Oba su ta principa primijenjena u tzv. postupku Grenco (sl. 16), koji se zbog toga danas smatra uspješnijim od ostalih postupaka kriokonzentriranja. U tom se postupku hladi samo radi nukleacije, koja se izvodi u hladnjaku s brisanom rashladnom površinom, uz razmjerno veliki tok topline i time jako pothlađivanje, što uzrokuje nastajanje mnogobrojnih sitnih kristala. Rekristalizacija se izvodi u drugom aparatu (rekristalizatoru) održavanjem temperature među temperaturama ravnoteže nastajanja sitnih i velikih kristala. Zbog toga u rekristalizatoru rastu veći kristali na račun manjih, pa se dobiva suspenzija iz koje je razmjerno lako izdvojiti led od koncentrata.



Sl. 16. Shema koncentriranja sokova smrzavanjem postupkom Grenco. 1 hladnjak, 2 rekristalizator, 3 crpka za recirkulaciju, 4 crpka za hranjenje, 5 kolona za isparivanje, 6 ekspanzijska posuda

Koncentriranje reverznom osmozom (v. *Membrane*) pruža slične mogućnosti proizvodnje koncentrata sokova najbolje kakvoće kao i kriokonzentriranje. Glavna je poteškoća nedovoljna selektivnost ili propusnost membrana koje danas stoje na raspolaganju. Zbog toga i širenje primjene tih postupaka zavisi od razvoja membrana.

KONZERVIRANJE SUŠENJEM

Konzerviranje sušenjem jest prirodno sušenje uklanjanjem vode Sunčevim zračenjem i prirodnim strujanjem zraka i *umjetno sušenje* pod kontroliranim (mikroklimatskim) uvjetima (ponekad, ne sasvim opravdano, zvano dehidratacijom).

Sušenje, na prvom mjestu cerealija, ali i voća, ribe i mesa, jedna je od najstarijih i vjerojatno najraširenijih metoda konzerviranja. Prirodno je sušenje ograničeno na neka klimatska područja i neku hranu. Mogućnosti su primjene umjetnog sušenja mnogo šire.

Konzerviranje sušenjem zasniva se na kseroanabiozi (prema grčkom *ξηρός* kseros *suh*, anabiozi uzrokovanoj sušenjem), odnosno osmoanabiozi, koje djeluju kao dehidratacija do nekog sadržaja vode u hrani još dovoljnog za aktivnost mikroorganizama. Obično je to, već prema vrsti hrane, 10...20%, ponekad više, ali je redovito manje od sadržaja vode koncentrirane hrane. Zbog toga je osušena hrana uvijek čvrsta, pa i onda kad je dobivena od tekuće (npr. od mlijeka, jaja, sokova, kaša).

Često se hrana (npr. u proizvodnji pulveriziranih ili instant proizvoda) suši ne samo da se spriječi njeno kvarenje djelovanjem mikroorganizama, već i kvarenja drugim, osobito kemijskim promjenama. Osim toga, dehidratacijom se postižu i drugi važni efekti, npr. smanjenje mase, često i volumena hrane. Posljednjih godina dehidratacija je i bazični proces u proizvodnji tzv. lako pripremljive hrane.

Sušenjem se iz hrane uklanjaju i hidratna i konstitucijska voda, pa nastaju velike promjene. Neke su važne promjene ireverzibilne. Očituju se npr. smanjenjem moći rehidratacije, posredovanjem koje ne nastaje djelovanjem enzima, gubitkom nekih važnih sastojaka. Rješavanje problema sušenja danas je najviše usmjereno prema svladavanju tih nedostataka. Glavni je cilj tog nastojanja dobivanje proizvoda porodne (otvorene strukture, dobre moći rehidratacije sa što manje primijenjenim organoleptičkim svojstvima s obzirom na svojstva sirovine).

Postupci i postrojenja za dehidrataciju. Zbog velike raznolikosti sastava i svojstava hrane, u matematičkoj interpretaciji prijenosa mase i topline pri njoj dehidrataciji susreću se mnoge poteškoće, pa je potrebno eksperimentalno utvrditi uvjete tog procesa za svaki pojedini sistem. Zbog toga postoje brojni tipovi postrojenja za konzerviranje sušenjem, više ili manje prilagođeni dehidrataciji pojedine vrste hrane.

Također je način prijenosa topline i mase u različitim sušionicama različit. S obzirom na taj prijenos, oni se mogu svrstati u adijabatske i kontaktne sušionice. Upotreba je ostalih sušionica (npr. s infracrvenim, dielektričnim i mikrovalnim grijanjem) dosta ograničena.

Hrana se može sušiti i desikantima, npr. silikagelom, kalcij-kloridom i fosfor(V)-oksidom, a upotrebljavaju se za neke specijalne svrhe, uglavnom za dosušivanje u zatvorenoj ambalaži.

U *adijabatskim sušionicama* za grijanje i odvođenje pare služe vrući plinovi, najčešće zrak, rjeđe dimni ili inertni plinovi, ili pregrijana para. U *kontaktne sušionice* toplina se prenosi kroz metalne plohe, koje su ujedno i nosači hrane pri sušenju. Proces se u tim sušionicama vodi ili na zraku ili u vakuumskim komorama pod sniženim tlakom, uz odsisavanje i ukapljivanje razvijene supare. Neke se od tih sušionica izdvajaju u zasebnu skupinu vakuumskih sušionica. Prikladnost pojedinih tipova unutar tih skupina sušionica najviše zavisi od toga da li je hrana koju treba sušiti čvrsta, tekuća ili kašasta (tabl. 6).

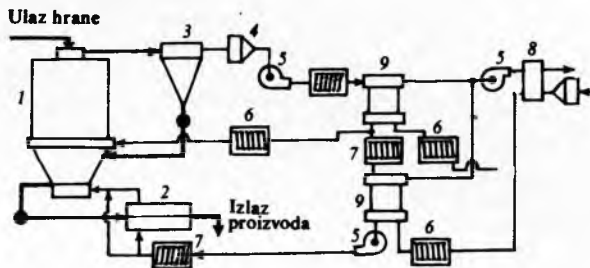
Zbog povoljnih uvjeta procesa (vrlo velike površine na kojoj se izmjenjuje toplina i masa, relativno niske temperature materijala koji se suši prema temperaturi zraka kojim se suši, te što pri tom nema dodira s ogrjevnom površinom), dehidratacijom se tekuće i polutekuće hrane raspršivanjem dobivaju

stabilni pulverizirani proizvodi kojima se lako manipulira, pa je dehidracija općenito najuspješnija i najraširenija metoda u toj oblasti konzerviranja.

Tablica 6
UPOTREBLJIVOST SUŠIONICA HRANE

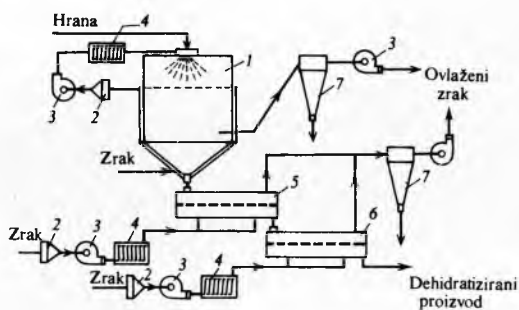
Sušionica		Hrana koja se može sušiti
Vrsta	Tip	
Adijabatska	komorni tunelski (s kolicima)	čvrsta u komadićima
	kontinualni (s trakom) rotirajući pneumatski s fluidiziranim slojem s raspršivanjem	čvrsta (u komadićima) čvrsta, kašasta, tekuća čvrsta
S valjcima	otvoreni vakuumski	čvrsta u komadićima ili granulama čvrsta u komadićima ili granulama tekuća, kašasta
Vakuumska	s policama (pločama) s trakom liofilizatori	tekuća, kašasta tekuća, kašasta

znog tornja za sušenje u protustruji aparatom za sušenje pomoću raspršivanja i fluidizacije).

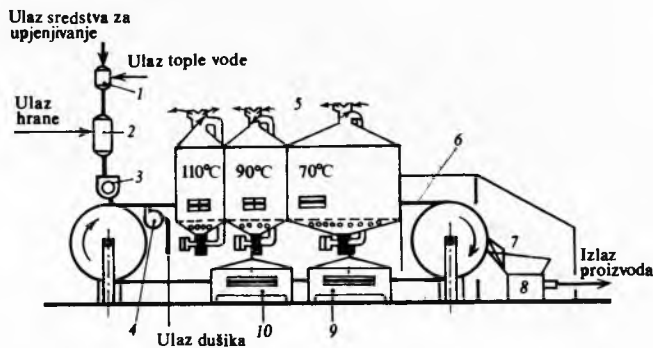


Sl. 19. Shema sušenja hrane postupkom UTAG. 1 aparat za dehidraciju raspršivanjem i fluidizacijom, 2 fluidizator za dosušivanje, 3 ciklon, 4 filter, 5 ventilator, 6 grijala, 7 hladnjaci, 8 izmjenjivač za rekuperaciju toplote, 9 ovlaživači zraka

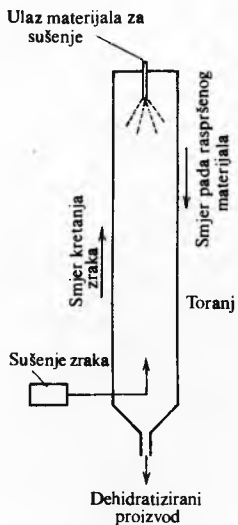
Osim tih poboljšanja sušenja raspršivanjem, izrađeni su i brojni postupci sušenja dehidracijom na velikim površinama gdje je izmjena toplote i mase zasnovana na drugim principima. Jedan je od tih postupak sušenja u pjeni (sl. 20). Prikladan je za dehidraciju koncentrata u pravilu s barem 20% suhe tvari u kojoj jedan dio mora biti netopljiv u vodi. Za upjenjivanje se upotrebljavaju različita sredstva, npr. 0,1...4% monoglicerida viših masnih kiselina, računato na suhu tvar hrane.



Sl. 17. Shema dehidracije raspršivanjem i fluidizacijom s međuhlađenjem i završnim hlađenjem. 1 komora za sušenje raspršivanjem, 2 filter za zrak, 3 ventilator, 4 grijalo, 5 vibrirajući fluidizator za dosušivanje, 6 vibrirajući fluidizator za hlađenje, 7 ciklon



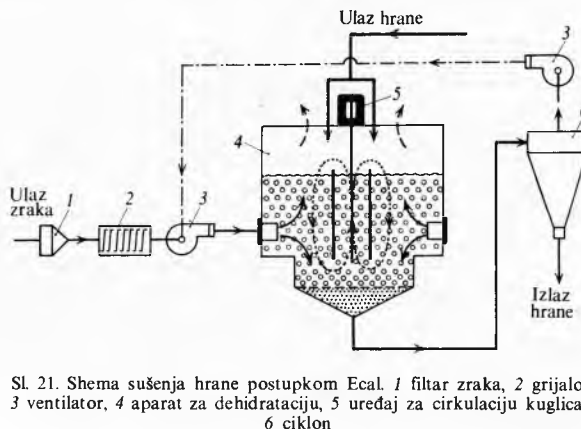
Sl. 20. Shema jednog od postupaka za sušenje hrane u pjeni. 1 aparat za pripremu sredstava za upjenjivanje, 2 aparat za upjenjivanje hrane, 3 aparat za nanošenje pjene na beskajnu traku, 4 aparat za krateriranje pjene, 5 sustav komora za sušenje na opadajućim temperaturama, 6 perforirana beskajna traka od nerđajućeg materijala, 7 nož za skidanje osušenog proizvoda s trake, 8 mlin za osušeni proizvod, 9 aparat za pranje trake, 10 aparat za sušenje trake



Sl. 18. Princip Birsova postupka

Upjenjuje se inertnim plinovima, obično dušikom i ugljik(IV)-oksidom. Isti plinovi služe i za stvaranje kratera u pjeni, kojima se ubrzava isparivanje. Jedan je od najnovijih postupaka za dehidraciju tekuće hrane bez raspršivanja tzv. postupak Ecal (sl. 21). Zasniava se na isparivanju iz filma hrane na kuglastim nosačima (promjera 18...40 mm) od plastike ili me-

Međutim, često prevelika higroskopnost i termoplastičnost nekih vrsta hrane čini pri tom znatne teškoće. Danas se te teškoće svladavaju posebnim tehničkim rješenjima. Jedno je od tih hlađenje na stijenkama komore za raspršivanje, pa dosušivanje i završno hlađenje u fluidiziranom sloju (sl. 17). Drugo je od tih rješenja tzv. Hussmannov ili Birsov postupak (sl. 18). Zasniava se na raspršivanju u protustruji zraka osušenog do relativne vlažnosti ~3% i ugrijanog samo do ~30°C u visokim (~70 m) tornjevima, tako da padanje čestica traje 90...220 s. Postupak UTAG (sl. 19) tehnički je dotjeranija modifikacija Birsova postupka (zamjenom gloma-



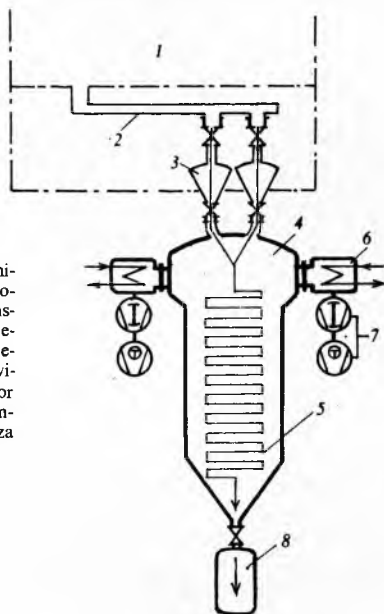
Sl. 21. Shema sušenja hrane postupkom Ecal. 1 filter zraka, 2 grijalo, 3 ventilator, 4 aparat za dehidraciju, 5 uređaj za cirkulaciju kuglica, 6 ciklon

tala zrakom ugrijanim na 65...150 °C. Može se upotrijebiti i za sušenje čvrste hrane s malim česticama.

Među ostalim brojnim specifičnim postupcima dehidracije hrane jedan od najvažnijih tzv. *liofilizacija* (od grčkog *λύω lyo osloboditi* i *φίλος filos sklon*). Pod tim se u užem smislu razumijevaju postupci dehidracije dubokosmrznute hrane sublimacijom (dakako, pod sniženim tlakom), a u širem i procesi pripreme za to i procesi dorade proizvoda.

Obično je za liofilizaciju potrebno brzo smrznuti hranu na -30...-40 °C. U stadiju liofilizacije u užem smislu (*stadiju sublimacije, primarnoj dehidraciji*) sublimacijom se uklanja samo led slobodne vode. (Pod tim se uvjetima ne može ukloniti voda koja se ne može kristalizirati.) Najveća je prednost te operacije što se njome ne mijenja oblik hrane i što ona prima finoporoznu strukturu. Voda koja se nije kristalizirala uklanja se zatim u tzv. *fazi izotermne desorpcije* procesa, također pod sniženim tlakom nakon što se hrana ugrije na 30...60 °C, već prema njenim svojstvima. Toplina potrebna za sublimaciju i desorpciju pri liofilizaciji dovodi se kondukcijom kroz ogrjevne plohe, radijacijom iz nekog izvora u vakuum-sistemu, induktivnim ili dielektričnim grijanjem. Proces završava ambalažiranjem koje mora sprečavati rehidraciju, oksidaciju i djelovanje svjetla.

Postupci liofilizacije klasiraju se u statičke (u kojima hrana miruje na transportnim uređajima) i dinamičke (u kojima hrana lebdi na grijanim transportnim uređajima koji vibriraju). Šaržna su postrojenja za statičku liofilizaciju komornog, a kontinualna tunelskog tipa. Dinamička su postrojenja za liofilizaciju kontinualna i obično kaskadna (sl. 22).



Sl. 22. Shema kaskadnog dinamičnog postupka liofilizacije. 1 komora za smrzavanje, 2 transportni sustav za smrznuti materijal, 3 spremnici smrznutog materijala, 4 komora za sušenje, 5 vibrirajuća kaskada, 6 kondenzator na niskoj temperaturi, 7 vakuumske crpke, 8 prihvatna posuda za proizvod

Liofilizacija je općenito skupa metoda sušenja, pa je ekonomično primjenljiva pri konzerviranju vrednije, osobito čvrste hrane. Troškovi su dehidracije tekuće i polutekuće hrane liofilizacijom, naime, veći od troškova liofilizacije čvrste hrane.

Priprema za dehidraciju i ambalažiranje proizvoda. Većinom su operacije pripreme za dehidraciju jednake operacijama pripreme za druge metode konzerviranja hrane.

Jedna je od specifičnih operacija pripreme za dehidraciju hrane tretman nekih vrsta voća (npr. grožđa, šljiva) vrelom otopinom 0,3...1,5% natrij-karbonata ili natrij-hidroksida, da se ukloni voštana ovojnica te omekša ili napukne kožica. Neki se plodovi (npr. krumpir) *sulfatiraju* prije dehidracije. Pod tim se razumijeva tretman plinovitim sumpor(IV)-oksidiom ili otopinama soli sumporaste kiseline. Tim se proizvod zaštićuje od promjena boje i donekle sterilizira. Povrće se redovito blanšira prije dehidracije.

Sušenje mesa i ribe kombinira se sa soljenjem i dimljenjem. Naprotiv, za dehidraciju jaja nije potrebna priprema.

Ambalaža i uvjeti skladištenja vrlo su važni faktori održavanja kvalitete dehidrirane hrane. Osobito je važno da oni štite proizvod od rehidracije i dodira s kisikom. Zbog toga su za materijal ambalaže dehidrirane hrane prikladne plastične folije, različiti laminati i limovi. Ponekad je potrebno i ambalažiranje u inertnoj atmosferi i dodavanje desikanata.

KONZERVIRANJE BIOLOŠKIM METODAMA

Konzerviranje biološkim metodama (fermentacijom) zasniva se na kontroliranoj primjeni nekih mikroorganizama koji svojom aktivnošću stvaraju nepovoljne uvjete za razvitak putrefaktivnih mikroorganizama, često uz postizanje nekog svojstva kojim se oplemenjuje proizvod (npr. u proizvodnji fermentiranih maslina, kiselog kupusa i drugog povrća, sireva i drugih mliječnih proizvoda i nekih mesnih prerađevina).

Postupak konzerviranja fermentacijom, među ostalim, obuhvaća izbor mikroorganizama i supstrata, održavanje potrebne temperature, koncentracije soli i pH, te osiguranje prikladnih sanitarnih uvjeta.

Kuhinjska sol i njena koncentracija vrlo su važni za vođenje procesa zasnovanih na mliječnokiseloj fermentaciji. Kuhinjska sol djeluje selektivno na mikroorganizme. Pojedine bakterije mliječnokiseloj vrenja, kvasci i plijesni adaptiraju se na otopine soli. Međutim, kuhinjska sol već u startu dovoljno potiskuje aktivnost sporogenih mikroorganizama da je kiselina, koja nastaje djelovanjem mliječnokiselih bakterija, kasnije može potpuno inhibirati. Slično se događa i s proteolitičkim i pektolitičkim bakterijama. Osim toga, kuhinjska sol uzrokuje nekrozu tkiva hrane i time izlaženje sastojaka stanice koji čine supstrat za željenu aktivnost mikroorganizama. Osobito je to šećer. Zbog toga se on često dodaje da se pospješi konzerviranje.

Važniji mikroorganizmi konzerviranja fermentacijom jesu *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis* (*Lactobacillus pentoaceticus*) i *Lactobacillus plantarum* (*Lactobacillus cucumeris*). U suvremenoj industriji konzerviranja sve se više upotrebljavaju čiste kulture tih mikroorganizama.

KONZERVIRANJE DODACIMA

Pri konzerviranju dodacima (kemijskom konzerviranju) razlikuju se dvije vrste tvari kojima se to postiže. Jednu čine tzv. *prirodni konzervansi*, tj. tvari koje su također hrana (npr. šećer), ili se upotrebljavaju za priređivanje hrane (npr. kuhinjska sol, alkohol, ocat). Drugu vrstu čine *konzervansi* u užem smislu, tj. tvari koje nisu hrana (tzv. kemijski ili umjetni konzervansi).

Konzerviranje prirodnim konzervansima. Za osmoanabiotičko djelovanje šećera u koncentracijama ~65%, pa i više, potreban je kisel medij, blago termičko tretiranje i zaštita. Kiseline i termičko tretiranje nisu potrebni za osmoanabiozu u proizvodima s koncentracijom šećera od ~70% i više (npr. u kandiranom voću, kondenziranom zaslađenom mlijeku).

Konzerviranje kuhinjskom solju također se zasniva na osmoanabiozi, ali i na dehidraciji hrane plazmolizom, te specifičnom djelovanju Cl⁻, koji se upleće u metabolizam inhibicijom nekih enzima. Kritične koncentracije NaCl koje još podnose različiti mikroorganizmi različite su, npr. 3...6% za *Clostridium saccharobutyricum*, 6,5% za *Clostridium botulinum*, 8...9% za pojedine skupine koli-bakterija. Neke plijesni i površinski kvasci podnose i koncentracije NaCl veće od 20%. Ipak, pri koncentracijama NaCl od 20% općenito se dovoljno smanjuje broj i aktivnost mikroorganizama.

Hrana se soli ili dodavanjem čvrste kuhinjske soli (nasuho) ili *salamurenjem* (zalijevanjem koncentriranim otopinama NaCl).

Konzerviranje octom poznato je odavno. Zasniva se na acidoanabiozi octenom kiselinom (većina bakterija ne podnosi kiselost otopina sa pH manjim od 4,0...4,2) i poremećajima metabolizma koje ta kiselina uzrokuje upletanjem u enzimske reakcije. Za neke je bakterije smrtonosna koncentracija octene kiseline 4...6%. Neke podnose i veće koncentracije. Budući da se u praksi ne upotrebljavaju koncentracije octene kiseline

veće od 3%, konzerviranje sa octenom kiselinom kombinira s konzerviranjem solju ili pasterizacijom.

Konzerviranje etanolom zasniva se na njegovu aseptičkom djelovanju. Upotreba je tog konzerviranja prilično ograničena. Uglavnom se primjenjuje pri konzerviranju voća, obično u kombinaciji sa šećerom.

Konzerviranje (kemijskim) konzervansima zasniva se na oštećivanju stanične stijenke mikroorganizama ili ometanju enzimskih procesa važnih za metabolizam tim tvarima. Takvo konzerviranje u hrani sprečava razvitak mikroorganizama, a rjeđe uzrokuje njihovo uništenje.

Da bi neka tvar mogla biti konzervans, mora zadovoljiti više zahtjeva. Prije svega mora biti topljiva u vodi. Najvažniji su konzervansi sumpor(IV)-oksid, sumporasta, sorbinska, benzojeva, mravlja i propionska kiselina i njihove soli, etilni ester benzojeve kiseline, propilni ester *p*-oksi benzojeve kiseline i dietilni ester pirougljične kiseline.

Djelovanje konzervansa ovisi o njihovoj koncentraciji, te kemijskom sastavu i kiselosti hrane. Općenito se konzervansi upotrebljavaju u malim koncentracijama. Zbog toga što je za konzerviranje djelotvoran samo nedisocirani udjel konzervansa, njihov je efekt to jači što je pH hrane niži.

Općenito se smatra da je konzerviranje hrane konzervansima neizbježno zlo i da je namjesto toga potrebno primijeniti druge metode konzerviranja gdje god je to moguće. Uglavnom se tako konzerviraju neke polupreradevine iz kojih se u daljoj prerađbi potpuno uklanjaju konzervansi ili im se smanjuje koncentracija na neznatnu mjeru. Konzerviranje gotovih proizvoda konzervansima u svakoj je zemlji regulirano posebnim propisima.

KONZERVIRANJE IONIZIRAJUĆIM ZRAČENJEM

Iako je mogućnost konzerviranja hrane ionizirajućim zračenjem zapažena znatno ranije (nakon otkrića rendgenskih zraka i radioaktivnosti), počela se iskorištavati tek prvih godina poslije drugoga svjetskog rata, ali ni do danas nije iskorištena u razmjeru s prednostima koje pruža (jednostavnost postupaka, mali troškovi, neškodljivost), prije svega zbog legislativnih i psiholoških prepreka.

Vrste i izvori zračenja za konzerviranje. Za konzerviranje hrane upotrebljavaju se γ -zračenje, rendgenske i, eventualno, ultraljubičaste zrake, te katodne zrake, β -čestice, a rijetko α -čestice. Najviše se upotrebljavaju γ -zrake i β -čestice. (Moć je prodiranja γ -zraka u hranu veća, ali β -čestice jače ioniziraju.) Za izvore zračenja za konzerviranje dolaze u obzir radioaktivni izotopi, npr. ^{60}Co , ^{137}Ce , te različiti akceleratori elektrona.

Mehanizam konzerviranja zračenjem. Djelovanjem energije zračenja na hrani nastaju ionski parovi i slobodni radikali koji se rekombiniraju i reagiraju s drugim molekulama. To uzrokuje promjene mikroorganizama, enzima i nekih sastojaka hrane. Učinci ovise o svojstvima hrane i mikroorganizama (spore su pri tom otpornije od vegetirajućih stanica), o uvjetima pod kojima se ozračuje i, bez obzira na izvor, o jakosti doze zračenja.

Postupak konzerviranja zračenjem. Već prema jakosti, zračenje se može upotrijebiti za usporavanje fizioloških procesa u voću i povrću, smanjenje i prekid aktivnosti mikroorganizama koji uzrokuju kvarenje, uništenje organizama opasnih za zdravlje, sprečavanje zagađivanja nekih namirnica (npr. dehidriranog voća, povrća, cerealija, ribe) kukcima (tabl. 7). Doza zračenja za decimalnu redukciju (D_M) *Clostridium botulinum*a iznosi 370 krad, a 4,5 Mrad za njegovu inaktivaciju do razine 12 D.

Osim toga, uspješnost se konzerviranja zračenjem promatra i s gledišta njegova utjecaja na prehrambenu vrijednost hrane, na mogućnosti da uzrokuje nastajanje toksičnih i kancerogenih tvari, te da inducira radioaktivnost. Međutim, utjecaj je konzerviranja zračenjem na prehrambenu vrijednost hrane približno jednak utjecaju drugih metoda konzerviranja, a dosad nije utvrđeno nastajanje ni toksičnih ni kancerogenih tvari, ni inducirana radioaktivnost u hrani ozračenju vrstama i dozama zračenja koja se upotrebljavaju u praksi.

Negativni efekti zračenja mogu se ublažiti ako se izvodi na niskim temperaturama, pod sniženim tlakom ili u inertnoj atmosferi, te npr. dodavanjem akceptora slobodnih radikala, sredstva za povećanje osjetljivosti mikroorganizama i kombiniranjem s drugim metodama konzerviranja. Pri ozračivanju važno je održavanje konstantne doze i homogene raspodjele zračenja. Moguće je šaržno i kontinualno konzerviranje zračenjem s automatskom kontrolom doza i uz mjere za biološku zaštitu okoliša. U pojedinim zemljama primjena je konzerviranja hrane zračenjem regulirana posebnim propisima.

Tablica 7
UČINCI DOZA ZRAČENJA

Doza zračenja krad	Učinak
0-1	stimulirajuće djelovanje na sjemenje
1,2-15	sterilnost kukaca
5-15	inhibiranje klijavosti
10-500	uništenje kukaca
300-500	radiopasterizacija
(1,5-5) · 10 ³	inaktivacija virusa
iznad 8 · 10 ³	inaktivacija enzima

KOMBINIRANE I OSTALE METODE KONZERVIRANJA

Najčešće su kombinacije dehidracija sa smrzavanjem ili pasterizacijom (poznate pod engleskim nazivima *dehydrefreezing*, *dehydrocanning*), zakiseljavanje s pasterizacijom, soljenje s dimljenjem i dehidracijom.

Voćni se sokovi mogu konzervirati i *ultrafiltracijom* (tj. upotrebom bakterioloških filtera), često u kombinaciji s komprimiranim (na ~0,7 MPa) ugljik(IV)-oksidom (postupak Seitz-Boehi). Za suzbijanje kukaca i termofilnih bakterija u hrani s osjetljivom aromom (npr. čokolade u prahu, mirodije) upotrebljava se *fumigacija* (obrada parama) metilbromidom i epoksidima (npr. etilenoksidom, propilenoksidom) ili njihovim smjesama s ugljik(IV)-oksidom. U nekim je zemljama dopušteno i konzerviranje hrane antibiotičima.

LIT.: F. Emanuele, Industria delle conserve. U. Hoepli, Milano 1950. — D. K. Tressler, C. F. Evers, The freezing preservation of foods. AVI, Westport/Conn. 1957. — S. W. Souci, E. Mergenthaler, Fremdstoffe in Lebensmitteln. Bergmann, München 1958. — A. Lock, Practical canning. Food Trade Press, London 1960. — L. Scheid, Moderne Konservherstellung. Holzmann, Bad Wörishofen 1965. — J. Schormüller, Die Erhaltung der Lebensmitteln. Enke, Stuttgart 1966. — N. W. Deroster, The technology of food preservation. AVI, Westport/Conn. 1970. — M. Pyke, Food science and technology. Murray, London 3 1971. — K. Herrmann, Tiefgefrorene Lebensmittel. Parey, Berlin-Hamburg 1971. — L. W. Aurand, A. E. Woods, Food chemistry. AVI, Westport/Conn. 1973. — E. Lienhop, Handbuch der Fleischwarenherstellung. G. Hempel, Braunschweig 1974. — K. Knopf, Lebensmitteltechnologie. Schöningh, Paderborn 1975. — W. Heimann, Grundzüge der Lebensmittelchemie. Steinkopf, Darmstadt 1976. — M. P. Defigueiredo, D. F. Splitstoesser, Food microbiology. AVI, Westport/Conn. 1976. — T. Hoyem, O. Kvale, Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing. Applied Science Publ., Barking/Essex 1977.

T. Lovrić

KOROZIJA METALA, nepoželjno trošenje konstrukcijskih metala kemijskim djelovanjem okoline, tj. kemijskim procesom između barem jedne faze ili komponente metala i barem jedne komponente okoline. Korozijom metalni atom iz kristalne rešetke direktno reagira s nekom molekulom iz okoline tvoreći molekulu spoja (korozija u neelektrolitima ili kemijska korozija), ili se taj atom gubitkom elektrona (elektrokemijskom oksidacijom) primarno pretvara u slobodni ion (korozija u elektrolitima ili elektrokemijska korozija).

Naziv korozija potječe od latinskog *corrodere*, *nagrizati*. Navedena definicija korozije odnosi se na tehničku koroziju. Općenito se korozija definira kao trošenje čvrstog materijala kemijskim djelovanjem okoline. Takva definicija vrijedi i za geološku