Primjena visokih temperatura u procesima prehrambene industrije

Jerković, Ivona

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:333309

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Ivona Jerković

Primjena visokih temperatura u procesima prehrambene industrije

završni rad

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

Završni rad

PRIMJENA VISOKIH TEMPERATURA U PROCESIMA PREHRAMBENE INDUSTRIJE

Nastavni predmet:

Tehnologija prerade sirovina biljnog podrijetla 2

Osnove tehnologije vina

Predmetni nastavnik: izv.prof.dr.sc. Andrija Pozderović

doc.dr.sc. Anita Pichler

Student/ica: Ivona Jerković (MB: 3600/12)

Mentor: dr. sc. Anita Pichler, docent

Predano (datum):

Pregledano (datum):

Ocjena: **Potpis mentora:**

PRIMJENA VISOKIH TEMPERATURA U PROCESIMA PREHRAMBENE INDUSTRIJE

Sažetak

Pojam jedinični proces označava jednu ili više operacija, kemijskih ili enzimskih reakcija usmjerenih na evidentnu i smislenu promjenu u procesiranom materijalu kao što su sterilizacija, prženje, kuhanje, smrzavanje. Visoka temperatura u procesima prehrambene industrije se koristi u procesima konzerviranja odnosno u procesima termičke sterilizacije i pasterizacije. Konzerviranje namirnica je zajednički naziv za različite procese, odnosno postupke kojima je cilj u što većoj mjeri i kroz što duži period očuvati izvornu kvalitetu neke namirnice, tj. spriječiti njezino kvarenje i degradaciju. Termički postupci inaktiviranja mikroorganizama u hrani uključuju termičku sterilizaciju i pasterizaciju, dvije gotovo identične tehnike obrade hrane koje se međusobno razlikuju prvenstveno u postavljenom cilju i visini primijenjene temperature. Kod pasterizacije se hrana zagrijava na temperature ispod 100 °C s ciljem da se inaktiviraju vegetativni oblici mikroorganizama dok su kod termičke sterilizacije te temperature iznad 100 °C, a cilj je inaktivirati i vegetativne oblike i spore mikroorganizama. Proces sterilizacije može se provesti: 1) prije punjenja i zatvaranja proizvoda u ambalažu, 2) nakon punjenja i zatvaranja proizvoda u hermetičku ambalažu i 3) kombinirano.

Ključne riječi: proces, konzerviranje, sterilizacija, pasterizacija.

Applications of high temperature in processes of the food industry

Summary

The concept of unit process means one or more operations, chemical or enzymatic reactions targeting the evident and meaningful change in the processed material such as sterilization, roasting, boiling, freezing. High temperatures in the food industry are used in the canning process, thermal sterilization and pasteurization. Term preserving foods signifies different processes or procedures whose main purpose is to preserve the original quality of foods as much as possible through longer period of time, i.e. to prevent its deterioration and degradation. Thermal treatments that inactivate microorganisms in foods include thermal sterilization and pasteurization. These two nearly identical food processing techniques differ only in the set goal and the height of the applied temperature. When pasteurizing the food is heated to a temperature below 100 ° C, it is in order to inactivate the vegetative forms of microorganisms, while sterilization and temperatures above 100 ° C are used to inactivate the vegetative and spore forms of microorganisms. The sterilization process may be performed: 1) before filling and sealing in the packaging of the product, 2) after the filling and airtight closure of the product in the packaging and 3) upwards.

Key words: process, canning, sterilization, pasteurization.

SADRŽAJ:

1.UVOD 1
2.GLAVNI DIO 1
2.1 Procesi konzerviranja 1
2.2 Kvarenje namirnica 2
2.3 Kinetika degradativnih promjena kakvoće hrane 2
2.4 Konzerviranje termičkom sterilizacijom i pasterizacijom 3
2.4.1 Efikasnost procesa sterilizacije 3
2.4.2 Očuvanje organoleptičke vrijednosti namirnice 4
2.4.3 Parametri s pomoću kojih se definira režim termičke sterilizacije 5
2.4.4 Utjecaj tempere na termičku sterilizaciju 7
2.4.5 Značenje i primjena broja Z 9
2.4.6 Mjerenje brzine prodiranja topline u najhladniju točku konzerve 10
2.4.7 F_0 vrijednost za procjenu procesa sterilizacije 10
2.4.7 FP vrijednost za procjenu procesa pasterizacije 11
2.4.8 Načini provedbe i uređaji za sterilizaciju 11
2.4.8 Priprema hrane za termičku sterilizaciju 14
2.5 Aseptični postupci 14
2.5.1 Sterilizacija prozvoda 15
2.5.2 Sterilizacija ambalaže 15
2.5.3 Sterilizacija prostora za punjenje i zatvaranje 15
2.6 Kvarenje proizvoda konzerviranih termičkom sterilizacijom 16
3. ZAKLJUČAK 17
4. LITERATURA 17

1.UVOD

Sam pojam proces u tehnologiji najčešće ima dvojako značenje. Pojam jedinični proces označava jednu ili više operacija, kemijskih ili enzimskih reakcija usmjerenih na evidentnu i smislenu promjenu u procesiranom materijalu, tj. Njegovom sastavu i/ili svojstvima (kao što su sterilizacija, prženje, kuhanje, pečenje,dezodorizacija, aglomeriranje, smrzavanje itd.). Pri tome procesni uvjeti moraju biti odabrani tako da se promjene usmjere u željenom pravcu uz izbjegavanje,minimiziranje ili usporavanje nepoželjnih promjena. Pod pojmom tehnološkog procesa podrazumijeva se cjelokupan proizvodni proces koji se sastoji iz kombinacije jednog ili (što je češće) više takvih jediničnih procesa i mehaničkih ili fizikalnih operacija. Takav se tehnološki proces obično opisuje tehnološkom shemom.U ovom radu ću opisati primjenu visokih temperatura u jediničnim procesima prehrambene industrije u procesima konzerviranja(termička sterilizacija i pasterizacija).

2.GLAVNI DIO

2.1 Procesi konzerviranja

Konzerviranje namirnica je zajednički naziv za različite procese, odnosno postupke kojima je cilj da se u što većoj mjeri i kroz što duži period očuva izvorna kvaliteta neke namirnice, tj. da se spriječi njezino kvarenje i degradacija. Konzerviranje hrane bilo je uvijek jedna od osnovnih preokupacija čovjeka, proizašla iz potrebe da se prevlada vremenski i prostorni interval (razmak) između njezinog pribavljanja(u svježem stanju) i samog konzumiranja.
Za kratkotrajno čuvanje hrane vrijedi općenito dva principa:

a) Treba zadržati hranu što je moguće duže ¨živu¨ drugim riječima po mogućnosti ne usmrtiti životinju ili ubrati neki biljni organ (ili dio) sve do trenutka pripreme ili prerade (npr.ribu,školjke,perad,voće,povrće).

b) Ako već ¨hrana¨ mora biti usmrćena ili ubrana potrebno ju je što prije očistiti,ohladiti i na najjednostaniji način zaštiti od utjecaja štetnih čimbenika.Tim se bar kratko vrijeme zadržava kvarenje.

Za duže čuvanje hrane, odnosno za njenu uporabu ili preradu u periodu kad je inače nema u svježem stanju, primijenjuju se različiti postupci konzerviranja (Lovrić, 2003).

2.2 Kvarenje namirnica

Mnogo je čimbenika koji izazivaju ili pospješuju kvarenje, odnosno degradaciju namirnica. To su ponajprije aktivnost mikroorganizama (prvenstveno bakterija, kvasaca i plijesni), kukaca, glodavaca i drugih štetočina, zatim aktivnost autohtonih enzima (namirnica), drugi katalizatori reakcija kojima se odvija degradacija pojedinih nativnih sastojaka namirnice, temperatura izvan određenog (optimalnog) područja, zrak (osobito kisik), svjetlo, određeni aktivitet vode(vlažnost) i vrijeme. Karakter i veličina degradativnih promjena zavisi o prirodi same namirnice i uvjetima sredine. Kod svježih namirnica do gubitka kvalitete može doći zbog promjena koje mogu biti posljedica metabolizma tkiva, ako je riječ o živim tkivima (npr. kod voća i povrća), ili enzimske aktivnosti nakon prestanka metabolizma nekrozom tkiva (npr. autolize, oksidativnih i drugih promjena kod ribe, mesa životinja i sl.), te napada mikroorganizama. Mikroorganizmi napadaju i kvare sve vrste namirnica: meso, ribu, jaja, mlijeko, voće i povrće i dr. Oni razgrađuju namirnice pomoću enzima u jednostavnije spojeve koje (apsorbiraju) koriste, a izlučuju otpadne proizvode. Aktivnost mikroorganizama ovisi o uvjetima sredine, od kojih su najvažniji temperatura, aciditet (pH) i prisutnost (odnosno odsutnost) kisika (Lovrić, 2003.).

2.3 Kinetika degradativnih promjena kakvoće hrane

Procesi prerade i konzerviranja povezani su s promjenama u sastavu o kojem ovisi kakvoća prehrambenog proizvoda. Smatra se da je utjecaj procesa funkcija vremena i temperature definiranih određenim procesnim parametrima. Većina promjena tijekom procesa prerade mogu se opisati izrazom za kinetiku reakcije prvoga reda:

$$\frac{\mathrm{d}c}{\mathrm{d}t} = -kc$$

odnosno

$$\ln\frac{c}{c_0} = -kt$$

c = količina kvalitetnog čimbenika; *t* = trajanje procesa; *k* = konstanta brzine (promjene); c_0 = početna količina kvalitetnog čimbenika.

Na osnovi početne vrijednosti za atribute kakvoće i podataka za konstantu (*k*) moguće je procijeniti stupanj degradacije (odnosno očuvanja kakvoće) proizvoda tijekom nekog procesa. Utjecaj temperature na brzinu spomenutih promjena, tj. na konstantu k, izvodi se iz Arrheniusovog izraza:

$$\frac{\mathrm{d}(\ln k)}{\mathrm{d}T} = \frac{E}{\mathrm{R}T^2} \text{ ili } \ln k = -\frac{E}{\mathrm{R}T} + \ln A$$

E = konstanta energije aktivacije; R = plinska konstanta; *T* = apsolutna temperatura; *A* = Arrheniusova konstanta (Lovrić, 2003.).

2.4 Konzerviranje termičkom sterilizacijom i pasterizacijom

Termički postupci inaktiviranja mikroorganizama u hrani uključuju termičku sterilizaciju i pasterizaciju, dvije gotovo identične tehnike obrade hrane koje se međusobno razlikuju prvenstveno u postavljenom cilju i visini primijenjene temperature. Kod pasterizacije se hrana zagrijava na temperature ispod 100 °C s ciljem da se inaktiviraju vegetativni oblici mikroorganizama dok su kod termičke sterilizacije te temperature iznad 100 °C, a cilj je inaktivirati i vegetativne oblike i spore mikroorganizama. Termička sterilizacija i pasterizacija spada u princip abioze (konzerviranje namirnice postiže se eliminiranjem (izdvajanjem) mikroorganizama iz namirnice ili njihovim uništenjem uz istovremenu zaštitu od naknadne kontaminacije (Lovrić, 2003.; Koprivnjak, 2014.).

2.4.1 Efikasnost procesa sterilizacije

Među organizmima koji se mogu razvijati u slabo kiselim namirnicama (pH > 4,5) ima i takvih koji proizvode toksine (štetne ili smrtonosne za potrošača), kao što je npr. *Cl. Botulinum*, neophodno je procijeniti efikasnost nekog termičkog tretiranja kojim se provodi sterilizacija. Smatra se da je proces sterilizacije neefikasan (neadekvatan), kada se kvari 1%, a zadovoljavajući kod omjera 1:10.000 konzervi podvrgnutih termičkom tretiranju. U

slučajevima kada se treba voditi računa o uvjetno patogenim mikroorganizmima, kao što je već spomenuti *Cl. botulinum*, proces sterilizacije se može ocijeniti kao efikasan jedino ako omogućava svođenje vjerojatnosti za preživjelost spora (nakon tretiranja) na vrijednost od 1 spore u 1012 ili više konzervi.

2.4.2 Očuvanje organoleptičke vrijednosti namirnice

Da bi se postiglo očuvanje organoleptičke vrijednosti namirnice potrebno je:

a) utvrditi parametre termičkog tretiranja za provedbu sterilizacije nekog proizvoda u određenim uvjetima prerade i konzerviranja,
b) odabrati takve tehnološke uvjete koji omogućavaju provedbu adekvatne sterilizacije uz minimalnu degradaciju proizvoda i minimalne proizvodne troškove.

Za utvrđivanje parametara termičkog tretiranja potrebno je prije svega znati koji mikroorganizmi dolaze u obzir kao potencijalni kontaminanti (zagađivači) (a) i koji između njih se može smatrati odlučujućim za procjenu učinkovitosti procesa sterilizacije (b). U prvom slučaju (a) važno je poznavanje fizikalnih i kemijskih svojstava namirnice (pH, aw, eventualna prisutnost inhibitora i sl.) te higijenskih uvjeta proizvodnje i skladištenja. Pri odabiranju referentnog mikroorganizma (b) vodi se računa o eventualnoj patogenosti i termorezistentnosti kontaminanta: naime, ako se smatra da je termičko tretiranje adekvatno za takav (kritični) mikroorganizam onda je sigurno zadovoljavajuće (adekvatno) i za ostale koji se mogu razvijati u dotičnoj namirnici.

Za procjenu učinkovitosti termičkog tretiranja potrebno je dakle poznavati više čimbenika:

a) termička otpornost konaminanata,
b) fizikalna i kemijska svojstva namirnice,
c) brzina (odnosno oblik krivulje) prodiranja topline u kritičnu (najhladniju) točku konzerve.

Termičkom otpornosti mikroorganizama označava se sposobnost preživljavanja mikroorganizama prilikom termičkog tretiranja. Da se definira termička otpornost spora ili nekog mikroorganizma, potrebno je poznavati njegovu otpornost kod neke letalne temperature (obično kod 121.1 °C) i varijabilnost te otpornost kao funkciju temperature.

Poznato je da vegetativne stanice bakterija, kvasaca i plijesni podvrgnute zagrijavanju (u vlažnoj sredini) kod 100 °C u većini slučajeva vrlo brzo ugibaju i normalno ne predstavljaju naročiti problem u konzerviranju namirnica termičkom sterilizacijom. Nasuprot tomu, spore nekih vrsta bakterija su vrlo otporne na djelovanje topline i neophodno je pribjeći dužem termičkom tretiranju kod povišenih temperatura kako bi ih se uništilo (Lovrić, 2003.)

2.4.3 Parametri s pomoću kojih se definira režim termičke sterilizacije

Letalni efekt termičkog tretiranja na mikroorganizme je funkcija vremena i temperature, koji variraju jedan u ovisnosti o drugom kod inače istih uvjeta: što je viša temperatura kojoj je stanica izložena, brže je njeno uništenje. Prema tome letalni uvjeti za neki mikroorganizam ne mogu biti izraženi samo temperaturom, već vremenom toplinske smrti – kod čega je utvrđena i temperatura i vrijeme tretiranja. Termičko tretiranje neophodno za uništenje nekog mikroorganizma u znatnoj je mjeri ovisno o nizu čimbenika, kao što su kemijska i fizikalna svojstva sredine (prije svega pH), broj mikrobnih stanica, starost, uvjeti uzgoja mikroorganizama i sl.

Parametri TDT (*Thermal Death Time* tzv. vrijeme toplinske smrti) i TRT (*Thermal Reduction Time* tzv. vrijeme termičkog tretiranja) imaju znacajne nedostatke pa su napušteni.

Danas se koriste :

D - vrijeme decimalne redukcije. D je vrijeme (u minutama) termičkog tretiranja na nekoj temperaturi za neki mikroorganizam za koje bro preživjelih mikroorganizama se smanji za 90% odnosno za 1/10 od početnog broja.

Uništenje mikroorganizama toplinom logaritamski tok što se može prikazati jednađžbom za kinetičku kemijsku reakciju prvoga reda:

$$\frac{dN}{dt} = -kN$$

u kojoj nam *dN*/*dt* predočuje brzinu uništenja spora, *N* broj preživjelih spora u određenom volumenu, *t* vrijeme djelovanja topline, a *k* konstantu brzine reakcije.

Integriranjem gornjega izraza između granica t_0 i t_1 dobije se:

$$ln\frac{N_1}{N_0} = -k(t_1 - t_0)$$

Za $t_0 = 0$ i primjenom dekadskih logaritama:

$$log\frac{N_1}{N_0} = -\frac{k}{2{,}303} * t_1$$

gdje je N_0= broj mikroorganizama na početku tretiranja; *N*1 = broj mikroorganizama nakon vremena *t*1; *k* = konstantna karakteristična za pojedini mikroorganizam, odnosno konstanta brzine uništenja.

$$D = \frac{2{,}303}{k}$$

Uvrštavanjem D u gornju jednadžbu dobije se:

$$log\frac{N_1}{N_0} = -\frac{t_1}{D}$$

U eksponencijalnom obliku to je

$$N_1 = N_0 * 10^{-\frac{t_1}{D}}$$

Značenje broja D – na primjeru nekog procesa sterilizacije za početni broj mikroorganizama $\mathrm{N_0}{=}10^4/\mathrm{L}$

Tablica 1 Utjecaj vremena (D) termičke sterilizacije na nekoj temperaturi (Lovrić, 2003)

Trajanje zagrijavanja pri T ˚C	**Broj preživjelih spora**
0 min	10^4
D min	10^3
2D min	10^2
3D min	10^1
4D min	10^0

Koliko će decimalnih redukcija (*D*) biti potrebno provesti ovisit će s jedne strane o inicijalnom broju mikroorganizama, a s druge o vrsti mikroorganizama koji dolaze u obzir u pojedinim slučajevima (Lovrić, 2003.)

2.4.4 Utjecaj tempere na termičku sterilizaciju

Drugi važan čimbenik u definiranju termičke otpornosti nekog mikroorganizma jest temperaturni koeficijent, odnosno ovisnost otpornosti mikroorganizma o temperaturi. Da bi se pokazao pokazao utjecaj temperature na kinetiku (brzinu) uništenja bakterija toplinom primjenjena je Arrnheniusova jednađžba za kinetiku (brzinu) kemijske reakcije i temperaturni kvocijent (Lovrić, 2003.).

Za kinetiku uništenja mikroorganizama toplinom može se izvesti jednađžba slična jednađžbi Arrhenius-a ako se pretpostavi da je entalpija konstantna:

$$k = A * e^{-\frac{B}{T}}$$

B = konstanta proporcionalna energiji aktivacije

A = integraciona konstanta

T = temperatura

Temperaturni kvocijent koji predočuje odnos konstanti brzina reakcija kod dvije različite temperature je:

$$Q_{\Delta T} = \frac{k_2}{k_1}$$

k_2 = konstanta brzine reakcije kod više temperature, $k_1 =$ konstante brzine reakcije kod niže temperature, ΔT = razlika temperature.

Možemo pisati za:

$$k_1 = A * e^{-\frac{B}{T_1}} \text{ i } k_2 = A * e^{-\frac{B}{T_2}}$$

postaviti odnos:

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{A * e^{-\frac{B}{T_2}}}{A * e^{-\frac{B}{T_1}}} = \frac{e^{-\frac{B}{T_2}}}{e^{-\frac{B}{T_1}}}$$

Odnosno:

$$\frac{k_2}{k_1} = e^{B/T_1 - B/T_2}$$

Ako se izraz logaritmira dobije se:

$$ln\frac{k_2}{k_1} = \frac{B}{T_1} - \frac{B}{T_2}$$

Množenjem brojnika i nazivnika s istim brojem $T_1 * T_2$ dobije se:

$$ln\frac{k_2}{k_1} = \frac{B}{T_1} * \frac{T_1 * T_2}{T_1 * T_2} - \frac{B}{T_2} * \frac{T_1 * T_2}{T_1 * T_2} = \frac{BT_2}{T_1 * T_2} - \frac{BT_1}{T_1 * T_2} = \frac{B(T_2 - T_1)}{T_1 * T_2}$$

Ako umjesto k_1 i k_2 uvedemo D kod dviju različitih temperatura T_1 i T_2:

$$D = \frac{2{,}303}{k} \Rightarrow k = \frac{2{,}303}{D},$$

$$ln\frac{k_2}{k_1} = \frac{B(T_2 - T_1)}{T_1 * T_2}$$

$$ln\frac{\frac{2{,}303}{D_2}}{\frac{2{,}303}{D_1}} = \ln\frac{D_1 * 2{,}303}{D_2 * 2{,}303} = ln\frac{D_1}{D_2} = \frac{B(T_2 - T_1)}{T_1 * T_2}$$

Ako se podijeli brojnik i nazivnik istim brojem B dobijemo:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{B(T_2 - T_1)\ /B}{T_1 * T_2/B} = \frac{T_2 - T_1}{\frac{T_1 * T_2}{B}}$$

$$\frac{T_1 * T_2}{B} = \frac{z}{\ln 10}$$

te supstituiranjem $\frac{T_1 * T_2}{B} = \frac{z}{\ln 10}$ dobije se:

$$ln\frac{D_1}{D_2} = \frac{T_2 - T_1}{\frac{T_1 * T_2}{B}} = \frac{T_2 - T_1}{\frac{z}{ln10}} = \frac{(T_2 - T_1)ln10}{z}$$

i dalje (dijeljenjem sa ln 10):

$$\frac{\ln D_1/D_2}{ln10} = \frac{T_2 - T_1}{z}$$

Pošto je lijevi član $\frac{\ln D_1/D_2}{\ln 10} = \log\frac{D_1}{D_2}$ dobiva se konačni izraz:

$$\log \frac{D_1}{D_2} = \frac{T_2 - T_1}{z}$$

Za slučaj kada je u jednadžbi odnos $\log\frac{D_1}{D_2} = \log\frac{1}{10} = -1$ tada je:

$$z = \mathrm{T}_1 - \mathrm{T}_2$$

2.4.5 Značenje i primjena broja z

Z je razlika temperature za koju ako se temperatura povisi vrijednosta broja D (vrijeme decimalne redukcije) se smanji deset puta i obrnuto. Vrijednost broja z je karakteristična za svaki mikroorganizam i varira o drugim faktorima npr. uvijetima uzgoja, sastavu sredine. Za najraširenije mikroorganizme se nalazi u intervalu 5,5 ˚C do 14,4 ˚C. Za *Cl.botulinum* z = 10 ˚C, pa se općenito uzima z = 10 ˚C (Lovrić, 2003).

Temperaturni kvocijent $Q_{\Delta T}$ označava odnos brzina reakcije kod neke više (T_2) i neke niže (T_1) temperature. Ako temperaturna razlika iznosi 10°C ($T_2 - T_1$ = 10°C) onda se govori o temperaturnom koeficijentu, koji označavamo Q_{10}. Odnos između veličina z i Q_{10} prema ranije izrečenim definicijama je:

$$z = \frac{10}{logQ_{10}}$$

Iz navedenog slijedi da što je veća numerička vrijednost temperaturnog koeficijenta (Q_{10}), to je manji z i obrnuto. Numerička vrijednost temperaturnog koeficijenta (Q_{10}) pojedinih kemijskih reakcija, npr. onih kojima se odvija degradacija sastojaka važnih sa prehrambenog i organoleptičkog stanovišta (npr. vitamina), kreće između 2 i 3, tj. povišenjem temperature za 10°C ubrzavaju se te reakcije za 2 do 3 puta. Nasuprot tomu, kao što smo prije vidjeli, povišenje temperature (u određenom temperaturnom području) uvjetuje znatno veće ubrzanje uništenja mikroorganizama – numerička vrijednost za Q_{10} u ovom slučaju iznosi u

prosjeku 10. To znači da će kod istog sterilizacijskog efekta (stupnja sterilnosti), ako je taj postignut termičkim procesom kod više temperature, u znatno manjoj mjeri biti degradirana prirodna svojstva namirnice, nego u slučaju kada je ostvaren tretiranjem kod niže temperature (Lovrić, 2003.).

2.4.6 Mjerenje brzine prodiranja topline u najhladniju točku konzerve

Najhladnija točka konzerve je točka u koju najsporije prodire toplina. Kod konzervi kod kojih se toplina provodi kondukcijom (kruti i polutekući sadržaj konzerve) najhladnija točka se nalazi u geometrijskom središtu konzerve. U konzervama kod kojih se toplina provodi konvekcijom najhladnija točka se nalazi na 1/3 visine konzerve od dna i od poklopca konzerve. Mjerenje temperature u najhladnijoj točki konzerve se mjeri s pomoću termootporničkih termometara sa termočlankom (Lovrić, 2003.).

2.4.7 F_0 vrijednost za procjenu procesa sterilizacije

Kod namirnica kod kojih je pH >4,5 najotporniji kontaminant je *Clostridium botulinum* – uzima se kao referentni mikroorganizam. Kod njega je potrebna sterilizacija pri temperaturi 121,1 °C kroz 2,5 do 3,0 minute (Lovrić, 2003).

F_0 vrijednost nekog procesa sterilizacije je ukupno ostvareni letalni učinak izražen u minutama procesa sterilizacije na 121,1 °C za vrijednost z=10°C. Letalni učin na nekoj temperaturi se izračunava:

$$logL = \frac{T - T_0}{z}$$

L = letalni učinak tj adekvatne minute procesa na referentnoj temperaturi T_0 (T_0=121,1 °C)

Letalni učinci ostvareni na različitim temperaturama iznad 100 °C se zbrajaju, F_0 se izračunava kao zbirna (ukupna) letalnost:

$$logL\ \frac{T - T_0}{z} \text{ ili } L = 10^{\frac{T-121.1}{10}}$$

$$F_0 = \int Ldt$$

Letalne vrijednosti na pojedinim temperaturama su: $L_{121^{\circ}C} = 1{,}0$ min, $L_{110^{\circ}C} = 0{,}079$ min,

$L_{115^{\circ}C} = 0{,}251$ min, $L_{125^{\circ}C} = 2{,}512$ min.

Za *Cl. Botulinum* F_0 vrijednost je 2,5 minute, spore nekih mikroorganizama su otpornije od spora *Cl. Botulinuma* pa se primjenjuju veće vrijednosti F_0 od 3 do 18. Povrće u soku od rajčice F_0 = 4-6 min, riba u soku od rajčice F_0 = 6-8 min, meso u umaku F_0 = 12-15 min (Lovrić, 2003.).

2.4.7 FP vrijednost za procjenu procesa pasterizacije

Pod tim pojmom obično se podrazumijeva toplinski proces kojim se u središtu proizvoda postiže temperatura između 60°C i 80°C, ponajčešće 65 – 75°C, ovisno o vrsti proizvoda. Pri tim temperaturama vegetativni oblici mikroorganizama i enzimi bivaju inaktivirani, dok u pravilu bakterijske spore preživljavaju. FP vrijednost se koristi za procjenu procesa pasterizacije na sličan način kao F_0 kod sterilizacije s tim da je referentna temperatura 70°C i z = 10 °C (Lovrić, 2003.).

2.4.8 Načini provedbe i uređaji za sterilizaciju

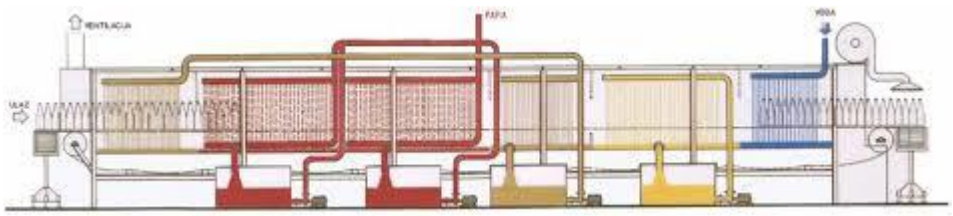
Proces sterilizacije može se provesti: 1) prije punjenja i zatvaranja proizvoda u ambalažu, 2) nakon punjenja i zatvaranja proizvoda u hermetičku ambalažu i 3) kombinirano, tj. djelomično prije (izvan), a djelomično poslije punjenja i zatvaranja (proizvoda), što u najvećoj mjeri zavisi o fizičikim i termofizičkim svojstvima prehrambenog proizvoda. Prvi se način primjenjuje uglavnom kod tekućih, polutekućih i kašastih proizvoda.Namirnica se u većini slučajeva vruća puni u ambalažu čime se postiže sterilizacija njene unutarnje površine ili se još nakon zatvaranja podvrgava dodatnom zagrijavanju radi kompletiranja procesa sterilizacije (3). U novije vrijeme primjenjuju se sve više tzv. aseptički postupci kod kojih se namirnica najprije sterilizira, zatim ohlađuje i tek tada stavlja i zatvara u sterilnu amabalažu u aseptičkim uvjetima. Na taj se način izbjegava relativno sporo ohlađivanje namirnica koje je povezano s degradativnim promjenama. Pretežno krute namirnice (kao što su meso, riba, povrće, voće i prerađevine) nakon odgovarajuće pripreme najprije se stavljaju i zatvaraju u odgovarajuću hermetičku ambalažu i tada podvrgavaju procesu sterilizacije. Izbor uređaja za sterilizaciju (pasterizaciju) ovisi prvenstveno o prirodi namirnice, tj. njezinim svojstvima, vrsti

ambalaže u koju se pakira i kapacitetu proizvodnj. Za sterilizaciju tekućih i polutekućih namirnica, kod kojih se proces sterilizacije pretežno vrši prije punjenja u amabalažu, upotrebljavaju se različiti izmjenjivači topline (pločasti, cijevni, s brišućom površinom) (Lovrić, 2003.).



Slika 1 Pločasti izmjenjivači topline (web 1)

Sterilizacija, odnosno pasterizacija namirnica u hermetičkoj ambalaži (što je najčešće slučaj kod krutih i jako konzistentnih proizvoda) provodi se u uređajima kontinuiranog ili diskontinuiranog tipa pod atmosferskim ili povećanim tlakom.



Slika 2 Tunelski pasterizator s pet sekcija (predgrijavanje, pasterizacija, prethlađenje, hlađenje, isplahnjivanje) (web 2)

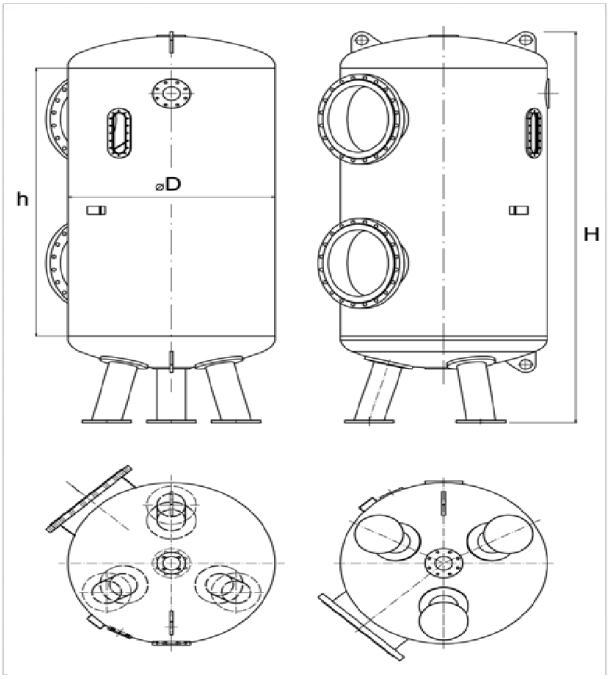
2.4.8.1 Autoklavi

Sterilizacija pri temperaturi iznad 100˚C vrši se obično u autoklavima, razlikujemo: normalne autoklave, tlačne i pretlačne autoklave, koji prema izvedbi mogu biti stojeći ili ležeći, odnosno vertikalni ili horizontalni. Sterilizacija u autoklavima može se vršiti u vodenoj kupelji

ili u vodenoj pari. Oba postupka imaju svoje prednosti, kao npr. sterilizacija u vodi smanjuje opasnost stvaranja tzv. zračnih jastuka, što je kod pare lakše moguće. Međutim, sterilizacija vodenom parom je ekonomičnija sa stajališta utroška topline (Lovrić, 2003.).

2.4.8.1.1 Normalni autoklavi

Oni su jednostavne izvedbe, zatvaraju se poklopcem koji se pričvršćuje krilnim maticama i vijcima, a brtvljenje se vrši pomoću gumenog prstena. Rade se za tlak od 1.52 * 10^5 Pa (1.50 bara) i uobičajeni kapacitet im je oko 300 limenki od 1 kg (Lovrić,2003.).



Slika 3 Normalni autoklav (web 3)

2.4.8.1.2 Pretlačni autoklav

Kod nekih vrsta pakovanja dolazi pri sterilizaciji i hlađenju kod autoklava s hlađenjem pod tlakom do jakih naprezanja uslijed razlike između tlaka u samom kontejneru i tlaka u autoklavu. To naročito vrijedi za staklenke s vakuum poklopcima, a isto tako i za veće formate limenki, te za limenke od aluminija. Ovakva pakovanja steriliziraju se u pretlačnim autoklavima. Pretlačni autoklavi se razlikuju od autoklava s hlađenjem pod tlakom u tome što je na vrhu autoklava predviđen dovod komprimiranog zraka ili pare. Osim toga,

dozvoljeni radni tlak mora biti $2.55 \cdot 10^5$ Pa (2.5 bara). Sterilizacija s pretlakom u pravilu se provodi u zagrijanoj vodi. Pretlačni autoklavi zagrijavani vrućom vodom sastoje se od autoklava i bojlera – grijača za vodu (Lovrić, 2003.).

2.4.8 Priprema hrane za termičku sterilizaciju

Priprema hrane za termičku sterilizaciju može obuhvaćati različite općenite operacije u postupcima konzerviranja, npr. pranje, sortiranje, kalibriranje, vađenje kostiju, rezanje, sitnjenje, pasiranje i blanširanje. Specifične operacije pripreme za termičku sterilizaciju mogu biti ekshaustiranje, 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 nositelji nepoželjnog okusa i mirisa. Za ekshaustiranje 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 zasićuju konzerviranu hranu od kontaminacije izvana (Lovrić, 2003.).

2.5 Aseptični postupci

Suvremeni postupci toplinske obrade kojoj je prvenstveni cilj sterilizacija proizvoda,koriste gdje god je to moguće HTST (High Teperature Short Time), odnosno UHT (Ultra High Temperature), princip u kombinaciji s tzv. aseptičnim pakiranjem. Pri aseptičnim postupcima proizvodi se podvrgavaju toplinskoj obradi (sterilizaciji) prije punjenja i zatvaranja u ambalažu ili velike spremnike. Različite prilagodbe aseptične procesne tehnologije omogućuju unapređenje učinkovitosti u proizvodnji, skladištenju, rukovanju i distribuciji

tekućih, homogeniziranih i, u novije vrijeme, proizvoda u vidu komadića manjih dimenzija u tekućem mediju (Lovrić, 2003.).

Tehnologija aseptičnog procesiranja uključuje sljedeće faze (procesa):

a) Sterilizaciju proizvoda (zagrijavanje i hlađenje);
b) Sterilizaciju ambalaže – spremnika;
c) Sterilizaciju prostora za punjenje i zatvaranje;
d) Punjenje i zatvaranje (ambalaže-spremnika) pod aseptičnim uvjetima.

2.5.1 Sterilizacija prozvoda

Sterilizacija proizvoda se provodi u kontinuiranim uređajima bilo direktnim bilo indirektnim prijenosom topline. Izbor tipa uređaja zavisi prvenstveno o reološkim značajkama proizvoda. Osim standardnih izmjenjivača topline (pločastih, cijevnih ili s brisanom površinom), danas su u uporabi i uređaji na principu neposrednog kontakta sa (sanitarnom) vodenom parom (injektiranje ili infuzija), kao i uređaji koji koriste električnu energiju (zagrijavanje električnim otporom ili mikrovalovima) (Lovrić, 2003.).

2.5.2 Sterilizacija ambalaže

Za sterilizaciju ambalaže ili spremnika koriste se dozvoljena kemijska sredstva, najčešće vodikov peroksid, toplina i neka zračenja. Vodikov peroksid se primjenjuje u obliku kapljevine, pare ili raspršenih kapljica. Učinkovitost obrade s vodikovim peroksidom zavisi o koncentraciji otopine i temperaturi. Obično se primjenjuje 32 – 35% otopina H_2O_2 u temperaturnom rasponu između 60 i 80 °C. Dok se UV zrake primjenjuju samo na materijale ravne površine, γ - zrake se koriste za sterilizaciju prethodno oblikovanih vrećica (za tzv. '*Bag – in – Box*' pakiranja) uz dozu 15 – 50 kGray-a. Sterilizacija toplinom je jednostavna, ali primjenljiva samo na toplinski otporne materijale (limenke, staklenke, spremnike od nehrđajućeg čelika, termootpornu plastiku i sl.). Primjenjuje se prvenstveno za sterilizaciju spremnika za aseptično skladištenje i transport, uz upotrebu zasićene vodene pare, temperature 130 –145°C, ili vrućeg zraka, odnosno pregrijane vodene pare, temperature 200 – 250˚C (Lovrić, 2003.).

2.5.3 Sterilizacija prostora za punjenje i zatvaranje

Nakon sterilizacije, proizvod i ambalaža (spremnik) se moraju zaštititi od naknadne kontaminacije iz okoline. Zbog toga se cjelokupno postrojenje (pojedini uređaji, cjevovodi, pumpe, ventili i sl.) mora također prethodno sterilizirati i u njemu održavati aseptični uvjeti tijekom cjelokupnog procesa (tj. zaključno sa zatvaranjem proizvoda u ambalažu). Sterilizacija postrojenja se u pravilu obavlja cirkuliranjem vodene pare ili vrele vode pri određenoj temperaturi u trajanju koje je potrebno za postizanje komercijalne sterilnosti (Lovrić, 2003.).

2.6 Kvarenje proizvoda konzerviranih termičkom sterilizacijom

Kvarenje proizvoda konzerviranih termičkom sterilizacijom ponekad se očituje bombažom (za staklenke bombažom poklopca). Ta se bombaža ne može izvana razlikovati od fizikalne, nastale oslobađanjem plinova prisutnim u hrani prije zatvaranja u posudu, povećanjem volumena zbog 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 zasićenim (slabo verniranim) materijalom limenke. Fizikalna bombaža je najmanje opasna i može se lako izbjeći prikladnom pripremom za termičku sterilizaciju i pažljivom manipulacijom proizvodima (Lovrić, 2003).

3. ZAKLJUČAK

Termički postupci inaktiviranja mikroorganizama u hrani uključuju termičku sterilizaciju i pasterizaciju, dvije gotovo identične tehnike obrade hrane koje se međusobno razlikuju prvenstveno u postavljenom cilju i visini primijenjene temperature. Kod pasterizacije se hrana zagrijava na temperature ispod 100 °C s ciljem da se inaktiviraju vegetativni oblici mikroorganizama dok su kod termičke sterilizacije te temperature iznad 100 °C, a cilj je inaktivirati i vegetativne oblike i spore mikroorganizama. Procesi termičke obrade hrane mogu se primijeniti nakon punjenja i hermetičkog zatvaranja proizvoda u ambalažu (diskontinuirani postupci) ili prije punjenja (kontinuirani postupci), odnosno u kombinaciji ovih dvaju načina.

4. LITERATURA

Tomislav Lovrić: Procesi u prehrambenoj industriji, Zagreb, 2003.

Olivera Koprivnjak: Kvaliteta sigurnost i konzerviranje hrane, Rijeka, 2014.

web 1:

http://www.tvrtke.com/proizvodi-usluge/zagreb/jakusevec/plocasti-izmjenjivaci-topline-funke/4495-60132 [21.08.2015.]

web 2:

http://www.pigor.com/prospekti%20PDF/PR%20118%20%20pasterizator%20tunelski.com [3.09.2015.]

web 3:

http://www.metacomm-bih.com/procesna-oprema/demineralizacija.com [5.09.2015.]