

Senzorne, kemijske i mikrobiološke promjene u smrznutom mesu peradi

Sučić¹, R., Ž. Cvrtila², B. Njari², L. Kozačinski²

Pregledni rad

Sažetak

U radu su prikazani literaturni podaci o mikrobiološkim i kemijskim promjenama i njihov utjecaj na organoleptička svojstva piletine tijekom pohrane u smrznutom stanju. Smrzavanje se često ističe kao postupak kojim je moguće produžiti vrijeme održivosti proizvoda uslijed usporavanja mikrobnog rasta. Pogreške i odstupanja u pogledu slabih senzorskih karakteristika smrznutog mesa peradi posljedica su i uzastopnih smrzavanja i odmrzavanja što dovodi do gubitka sočnosti te mikrobioloških i drugih biokemijskih i fizikalno-kemijskih promjena. Uz sve navedeno na kakvoću smrznutog mesa značajno utječe i postupak odmrzavanja koji često može dovesti do bitnih senzorskih odstupanja i gubitka nutritivne vrijednosti. Također je prikazana ocjena zdravstvene ispravnosti i kakvoće smrznute piletine ovisno o dužini i uvjetima pohrane tijekom skladištenja. Unatoč različitim mišljenjima i stavovima o održivosti mesa peradi koje su u nas prisutne u zadnje vrijeme, smatrali smo potrebnim prikazati i neka naša zapažanja u zadnjem desetljeću.

Glavne riječi: smrznuto meso peradi, organoleptička svojstva, kemijske promjene, mikroflora smrznutog mesa peradi

Uvod

Na današnjem tržištu vlada velika potražnja za pilećim mesom kao jednoj od jeftinijih opcija kvalitetne prehrane. S obzirom na veliki obrt u maloprodajnim centrima proizvođači se moraju prilagoditi velikom proizvodnjom što povremeno uzrokuje pojavu odjednom velike količine piletine, koja se ne može prodati u nekoliko dana kolika je održivost svježega mesa. Upravo stoga, piletina se zamrzava i skladišti u za to primjerenim hladnjačama, uz osiguranje temperature za duboko smrznuto meso koja iznosi najmanje -18°C.

Svojstva koja utječu na kakvoću svježeg pilećeg mesa su masa, konformacija, mesnatost, količina masnog tkiva, boja i svježina. Izgled i miris pilećeg mesa procjenjuje se u vrijeme kupovine, okus, nježnost i sočnost za vrijeme konzumacije. To su najčešći estetski čimbenici kakvoće namirnica općenito važni za potrošača. Vanjski izgled je svojstvo mesa koje je značajno za kupca pri-

likom odabira proizvoda. Uključuje izgled i boju kože i mesa svježeg i smrznute piletine, pojavu opekotina (Aburuwaida i sur., 1996 b; Fletcher, 2002), boju kuhanog mesa i pojavu tehnoloških grešaka (krvarenja, ozljede i sl.). Proizvođači se prilagođuju zahtjevima tržišta i nastoje pri proizvodnji piletine izbjeći sve greške koje će negativno utjecati na proizvodnju ili cijenu.

Smrzavanje se često ističe kao postupak kojim je moguće produžiti vrijeme održivosti proizvoda uslijed usporavanja mikrobnog rasta. Negativni utjecaji smrzavanja na mikrobe, vezani su uz temperaturni šok, koncentraciju ekstracelularnih otopina, dehidraciju i tvorbu leda (Zaritzky, 2000). Međutim, da su bakterije ipak sposobne rasti i razmnožavati se i na temperaturi od -7 °C, kvasci i na -10 °C ukazuju mnogi autori (Schmidt-Lorenz, 1963; Schmidt-Lorenz i Gutschmidt, 1968, 1969; Živković, 1986; Duraković i sur., 2002). Geiges (1996) zaključuje da brzo smrzavanje i od-

mrzavanje rezultira boljim preživljavanjem bakterija u odnosu na sporo smrzavanje i odmrzavanje.

Stoga odabir načina smrzavanja (brzo ili sporo) može biti kritično za proizvode čija kvaliteta počiva na odsutnosti pojedinih bakterija. Tako ni proizvođači niti potrošači ne smiju olako shvaćati mikrobiološku sigurnost smrznutih proizvoda a naročito s obzirom na činjenicu da se jednom odmrznuto meso ne smije ponovno smrzavati.

Održivost mesa peradi

Tijekom pohrane u mesu nastaju enzimatske ili kemijske promjene koje su posljedica djelovanja brojnih vanjskih i unutarnjih čimbenika poput temperature, vlažnosti, količine kisika i svjetlosti, što rezultira fizikalnim, kemijskim ili mikrobiološkim promjenama koje dovode do kvarenja. Nastupom promjena koje nastaju kod manipulacije s mesom (rasijecanje, iskoštavanje, usitnjavanje) omogućena je mikrobiološka

¹ dr. sc. Renata Sučić, voditelj mikrobiološkog laboratorija, Veterinarska stanica grada Zagreba, Heinzelova 68

² dr. sc. Željka Cvrtila, docent, dr. sc. Bela Njari, redoviti profesor, dr. sc. Lidija Kozačinski, izvanredni profesor; Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zavod za higijenu i tehnologiju animalnih namirnica, Heinzelova 55, Zagreb

kontaminacija i rast nepoželjne mikroflore (Kožačinski, 2003).

U procjeni zdravstvene ispravnosti i održivosti mesa peradi značajni su mikroorganizmi koji svojom enzimatskom aktivnošću uzrokuju promjene senzornih svojstava mesa kao i patogeni mikroorganizmi uzročnici alimentarnih infekcija i intoksikacija. Kod proizvodnje mesa peradi dolazi do promjene sastava i broja mikroflora između sirovine i gotovog proizvoda, pri čemu inicijalna mikroflora mesa peradi ima bitan utjecaj na njegovu održivost, pa što je inicijalno onečišćenje veće, to je održivost mesa peradi kraća (Singh, 1993; Živković, 2001; cit. Kožačinski, 2003).

Da bi se povećala održivost mesa peradi pristupa se različitim načinima konzerviranja, npr. vakuum pakiranjem trupova pilića se može postići održivost mesa pri temperaturi od 4 °C kroz 7-8 dana, dok meso pilića pakirano u folije propusne za zrak čuvano na temperaturi od 2-4 °C ima održivost svega 5 dana (Saleh i sur., 1997). Cosby i sur. (1999) na osnovu svojih istraživanja pak preporučuju upotrebu EDTA (disodium ethylenediametetra-acetat) te nisina da bi se postiglo produženje održivosti mesa za 4 dana, ako je pakirano na konvencionalan način ili za 9 dana kad je riječ o vakumpakiranju, a smrznuto meso peradi ima održivost od 12 mjeseci bez značajnih gubitaka na kakvoći (Gracey i Collins, 1992). Doprinos u očuvanju održivosti ostvarena je upotrebom inertnih plinova u čijoj smjesi meso peradi može ostati nepromijenjeno 15 i više dana.

Konzerviranje mesa smrzanjem

Konzerviranje je sprječavanje kvarenja, odnosno poboljšanje održivosti mesa sprječavanjem bakterijske aktivnosti. Postiže se uglavnom na dva načina; stvaranjem nepovoljnih uvjeta za rast i razmnožavanje mi-

kroorganizama ili njihovim uništavanjem (Živković, 1986). U tom smislu koriste se niske i visoke temperature, sušenje, kemijska sredstva, fizikalni postupci (zračenja, termodinamički procesi, pulsirajuća električna polja) i pakiranja u modificiranoj atmosferi (Devlieghere i sur., 2004.).

Postupak s mesom nakon klanja ima značajnu ulogu u očuvanju njegovih nutritivnih vrijednosti, zdravstvene ispravnosti i održivosti. Primjenjuju se dodatni postupci u smislu konzerviranja mesa koje uključuje hlađenje i smrzavanje, toplinsku obradu, sušenje, upotrebu kemijskih sredstava itd. (Živković, 1986; Živković i sur., 1994).

Jedan od najboljih postupaka čuvanja namirnica još je i danas uz pomoć hladnoće. Hlađenjem mesa se sprječavaju ili usporavaju mikrobiološke promjene, te zaustavljaju vlastiti tkivno-enzimatski procesi u mesu (Marth, 1998; Allen i sur., 2000). Konzerviranje hladnoćom je ujedno i najčešći način konzerviranja mesa, a ovisno o primijenjenoj temperaturi razlikujemo hlađenje kojim se u dubini mesa postiže temperatura iznad 0 °C i smrzavanje kojim se postiže temperatura u dubini mesa ispod 0 °C.

Smrzavanje se smatra najprogresivnijom metodom konzerviranja mesa. Osim što značajno povećava održivost lako pokvarljivih namirnica, smrzavanjem je osigurana kontinuirana opskrba potrošača i promet mesom na svjetskoj razini. Ne manje značajna jest činjenica da se smrzavanjem može ponekad osposobiti i uvjetno ispravno meso za ljudsku prehranu. Osim toga smrzavanje omogućuje ekonomičnost i kvalitetniji tehnološki proces u preradi mesa. U usporedbi s ostalim postupcima konzerviranja, smrzavanjem se najbolje očuvaju svi nutritivno vrijedni sastojci namirnica. Meso se smrzava na temperaturama od -1,5

do -2 °C. Kritična temperatura smrzavanja mesa je u granicama od -1 do -5 °C, u tom se rasponu smrzava najviše vode u mesu čak do 60%. Ali tada se stvara i najviše kristala leda u mesu. Drugi dio vode u mesu, u količini od 20-30 % se smrzava na temperaturi od -5 °C do -30 °C, dok se prestali dio vode u količini od 10% smrzava na -60 do -70 °C (Živković, 1986). Kakvoća smrznutog mesa prvenstveno ovisi o brzini smrzavanja, te o veličini kristala leda koji nastaju tijekom smrzavanja, njihovom položaju i veličini.

Posebno je učinkovito smrzavanje mesa peradi u automatskim tunelima za brzo smrzavanje. Meso peradi se u takvim uređajima smrzava na temperaturi od -40 °C. Meso peradi držano na temperaturi od -10 do -12 °C pokazuje održivost do 7 mjeseci, na temperaturama od -12 do -14 °C do 9 mjeseci, na -15 °C do 17 mjeseci, a pri -20 °C ima održivost od 20 mjeseci. Meso pataka i gusaka zbog veće količine masnog tkiva je slabije održivo, na temperaturi od -18 °C održivo je svega 8 do 10 mjeseci. Od kvantitativnih promjena u hrani tijekom smrzavanja svakako valja spomenuti kalo smrzavanja. Glavni je razlog pojave kala smrzavanja isušivanje na koje utječu temperatura i vrijeme skladištenja, inicijalni sadržaj vode u hrani i vrsta pakovanja (propušta ili ne vodu). Kalo pri smrzavanju mesa peradi iznosi 1,5 - 2,0 %, dok pri pohrani iznosi u smrznutom stanju na temperaturi od -20 °C u prosjeku 0,8-1,1 % u vremenu od 9-10 mjeseci (Živković, 1986). Najbitniji faktori koji utječu na održivost mesa su održavanje konstantne vlage i temperature u hladnjačama. Smrznuto meso peradi može biti pohranjeno kroz 12 mjeseci, a da zadrži poželjna svojstva (Gracey i sur., 1999).

Hadžiosmanović (2005) ističe da postupci smrzavanja u odgovarajućim znanstveno i stručno prihvaćenim uvjetima ne umanjuju bitno

vrijednost i kakvoću smrznutog mesa. Ona je najčešće posljedica neodgovarajućih načina pohrane, primarno temperaturnih oscilacija i drugih mikroklimatskih čimbenika. Pogreške i odstupanja u pogledu slabih senzorskih karakteristika smrznutog mesa posljedica su i uzastopnih smrzavanja i odmrzavanja što dovodi do gubitka sočnosti te mikrobioloških i drugih biokemijskih i fizikalno-kemijskih promjena. Uz sve navedeno na kakvoću smrznutog mesa značajno utječe i postupak odmrzavanja koji često može dovesti do bitnih senzorskih odstupanja i gubitka nutritivne vrijednosti.

Fizikalno-kemijske promjene tijekom smrzavanja mesa

Intenzitet fizikalno-kemijskih promjena ovisi o dužini vremena čuvanja, temperaturi skladištenja i uvjetima pod kojima se hrana čuva u smislu kolebanja temperature i relativne vlažnosti u skladištu. Na izrazito niskim temperaturama su mikrobiološke promjene najčešće isključene, a fizikalne, kemijske i biokemijske svedene su na minimum. Biokemijske promjene, općenito su usporene ali vrlo uočljive. Varnam i Sutherland (1995) ističu da na kakvoću smrznutog mesa prije svega utječu promjene nastale na tkivnim strukturama kao posljedica kristalizacije vode i posljedičnog smještaja i veličine kristala. Uslijed tih promjena mijenja se sposobnost vezanja vode mesa, što dovodi do cijeđenja i pojave nepoželjnog izgleda mesa, gubitka sočnosti poslije kulinarske obrade. Također rast mikroorganizama je pojačan uslijed velike vlažnosti površine. Pa ipak, treba spomenuti stvaranje kristala koje dovodi do fizičkih promjena. Naime, brzina smrzavanja je različita na različitim udaljenostima od površine namirnice, što je pak, u uskoj vezi s veličinom namirnice koju smrzavamo, a posljedica toga je različita veličina kristala. Kolebanjem temperatu-

re smrzavanja dolazi do smanjenja broja i povećanja pojedinih kristala. Pri svakom podizanju temperature prvo se tope sitniji kristali leda a pri svakom novom smrzavanju voda se taloži na postojeće kristale i smrzava. To dovodi do remećenja elektrostatске ravnoteže u smrznutom mesu odnosno povećanja ili smanjivanja količine soli u pojedinim dijelovima što posljedično dovodi do denaturacije i promjena u smislu kala smrzavanja i gubitka boje. Promjene koje utječu na kakvoću smrznutog mesa pojavljuju se u svim fazama pohrane, od početnog zamrzavanja do završnog otapanja (Varnam i Sutherland, 1995).

Tijekom smrzavanja nastaju agregacijske reakcije miozina i posljedična tvrdoća mesa te gubitak sposobnosti vezanja vode. Svojstva miozinskih vlakana utječu na razlike u stabilnosti i održivosti mesa različitih životinjskih vrsta tijekom pohrane u smrznutom stanju. Smrzavanje dovodi do malih ali vidljivih promjena u senzorskim svojstvima mesa pa opseg promjena na bjelančevinama ovisi o načinu smrzavanja. Sporo smrzavanje uzrokuje veći gubitak vode pri odmrzavanju i izraženije smanjenje sposobnosti vezanja vode nego pri brzom smrzavanju. Također, sporim se smrzavanjem, u odnosu na brzo, pojavljuju opsežnije proteolitičke promjene i povećanje aktivnosti adenozin-trifosfataze miofibrilarnih bjelančevina (Mackie, 1993).

Tijekom smrzavanja namirnica slobodna voda prelazi u led, a temperatura pri kojoj počinje smrzavanje ovisi o koncentraciji otopljenih tvari u vodi, poput bjelančevina i ugljikohidrata. Meso se počinje smrzavati na $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, a pri $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ oko polovica tekućine u mesu je u smrznutom stanju. Na temperaturama između $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ frakcija leda u mesu iznosi oko 74 %, na $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 83 %, na $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 88 %, dok je na $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ meso gotovo pot-

puno smrznuto (oko 10 % vode ostaje u nezaleđenom stanju, vezano uz strukturne bjelančevine). Aktivitet vode u svježem mesu iznosi 0,99, a smrzavanjem se postupno smanjuje u skladu s razvojem frakcije leda (Gill, 2002).

Promjene u sposobnosti vezanja vode tijekom smrzavanja dovode do cijeđenja pri otapanju, što je posljedica kretanja vode u izvanstanični prostor i narušavanja miofibrilarne strukture. Dehidracija vlakana i značajno povećanje koncentracije otopine zajedno s narušavanjem miofibrilarne strukture dovode do denaturacije bjelančevina koja izravno utječe na sposobnost vezanja vode mesa. Denaturacija, posebno u slučaju sporog smrzavanja, također uključuje i cijepanje aktinskih i miozinskih veza. Smanjena sposobnost vezanja vode utječe na kakvoću odmrznutog mesa u kojem mišićne stanice nisu sposobne reapsorbirati svu vodu izvanstaničnih prostora. Varnam i Sutherland (1995) navode da se tijekom 15-tjednog skladištenja brzo smrznutog mesa, koje sadrži i unutarstanične i izvanstanične kristale, denaturacija miozina povećava s 19% (odmah nakon smrzavanja) do oko 60% neovisno od temperature skladištenja. U polagano smrznutom mesu denaturira se glavina miozina (40%). Tijekom pohrane denaturacija je spora, pa se dodatno denaturira samo 20% sljedećih 40 tjedana. Disocijacija i denaturacija miozina je kontinuirani proces koji glavninom nastaje tijekom sporog smrzavanja i tijekom pohrane brzo smrznutog mesa. Glavni učinak spomenutih promjena tijekom pohrane smrznutog mesa jest povećani gubitak vode kako se produžuje period pohrane i povećava temperatura, uz dodatne gubitke funkcionalnih svojstava mesa (Varnam i Sutherland, 1995).

Pri brzom smrzavanju gdje se stvaraju i izvanstanični i unutarstanični kristali, količina vode pri otapanju je ovisna o stupnju i brzini smrzavanja

mesa. Pri brzom zamrzavanju i nastanku velikog broja malenih unutarstaničnih kristala, količina vode pri otapanju je vrlo mala. Unutarstanični kristali veći su pri sporijem smrzavanju pri čemu se značajno povećava količina vode nastala pri otapanju mesa. Promjene u kristalnoj strukturi leda nastaju tijekom skladištenja mesa i povezane su s daljnjom denaturacijom bjelančevina, a intenzitet promjena ovisan je o duljini perioda pohrane (Varnam i Sutherland, 1995).

Usljed smrzavanja mesa nastaje promjena stanja mišićne plazme, albumina i globulina. Kad je meso smrznuto ispod $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ stvaranje ledenih kristala u mesu toliko podiže koncentraciju ovih bjelančevina da kristali postaju netopivi. Promjena je ireverzibilna čak i kad se meso otopi. Za vrijeme smrzavanja voda koja je prisutna u mišićnim vlaknima izlazi kako bi se stvorili kristali. Brzina samog smrzavanja ima vrlo značajnu ulogu u stvaranju kristala te njihovoj veličini i budućoj kvaliteti proizvoda. Ako se meso smrzava sporo najveći kristali nastaju između $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ te je većina njih smještena izvan mišićnih vlakana. Ako je pak meso smrzavano brzo na temperaturama nižim od $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, kristali leda su maleni i leže uglavnom u mišićnim vlakancima. Ako je pak smrzavanje dovoljno brzo, onda nastaju vrlo maleni kristali leda koji mogu biti čak i manji nego stanica u kojoj su nastali (Gracey i sur., 1999). Kao posljedica djelovanja kristala koji su nastali zamrzavanjem ali isto tako i nemogućnosti mišića da resorbira tekućinu, kod otapanja dolazi do izlaska tkivne tekućine izvan mišića. U njoj se nalaze otopljene različite tvari kao što su sol, bjelančevine, oštećena krvna tjelešca itd. Oštećenja stanica su to veća što su nastali kristali veći, pa kod odmrzavanja mesa nastaje veći gubitak tkivnih tekućina a samim time je veći kalos smrzavanja/odmrzavanja (Živković, 1986; Gracey i sur., 1999).

Tijekom smrzavanja mesa nastaju i promjene boje mesa kao posljedica oksidacije mioglobina u metmioglobin što je usko vezano uz ranketljivost masti. U tim okolnostima smrznuto meso može izgledati tamnije od svježega, a to proizlazi iz koncentracije pigmentata za vrijeme smrzavanja što se može nadomjestiti brzim smrzavanjem i refleksijom malih kristala leda. S druge strane, taj postupak može dovesti do pojave neprihvatljive svijetle boje mesa. Nadalje, dehidracija na površini mesa također koncentrira pigmente te pogoduje nastanku metmioglobina. U ekstremnim slučajevima to rezultira nastankom „opeklina“ kao posljedice sublimacije leda iz nezaštićenih površina i snažne dehidracije (Živković, 1986; Varnam i Sutherland, 1995). U komercijalnoj proizvodnji ovaj problem je manji u odnosu na postupke u kućanstvu jer većina potrošača ne pakira ispravno hranu u zamrzivače pa su opeklina učestala pojava. Isušivanje je, također, negativna biokemijska promjena uzorkovana smrzavanjem mesa, odnosno gubitak vode smrznutih namirnica. Uzrok isušivanja je velika razlika u tlaku vodene pare ovisno o temperaturi. Voda migrira u prostore s nižim tlakom vodene pare. Osim što je uzrokom gubitka na masi namirnice, isušivanje uzrokuje i ireverzibilne promjene bjelančevina i to najprije mioglobina. Posljedica svega navedenoga je promjena boje smrznutog dugo skladištenog mesa. Moguće ju je zapaziti već nakon dvomjesečnog skladištenja smrznutog mesa. S produživanjem skladištenja smrznutog mesa isušivanje zahvaća sve dublje slojeve (Živković, 1986). Promijenjeni sloj predstavlja prepreku da se i kristali leda iz još dubljih slojeva isparavaju sublimacijom.

Potrošači su skloni predugom čuvanju smrznute piletine u zamrzivačima što rezultira kvarenjem proizvoda. Međutim, maksimalno vrijeme održivosti piletine u zamrzivačima

na temperaturama smrzavanja koje se spominju u literaturi i praksi različite su. Tako još Jantawal i Dawson (1977) naveli da je maksimalno vrijeme skladištenja mesa brojlera 6 mjeseci na $-17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Smrznuto meso koje je pohranjeno predugo, vremenom postaje suho i ranketljivo, spužvasto, mijenja boju, gubi aromu, a promjene koje se zbivaju su raspadanje masti na slobodne masne kiseline i glicerol. Posebno treba naglasiti da su nepoželjne promjene masnog tkiva u smislu povećanja stupnja kiselosti koje dovode do užeglosti masnog tkiva odnosno mesa. Promjena najprije zahvaća površinsko masno tkivo, no kasnije i ono unutar mišićnih vlakana. Promjene masti općenito su u smrznutom mesu vrlo polagane, a očituju se oksidativnom ranketljivošću i lipolizom. Oksidativna užeglost se javlja kada nezasićene masne kiseline reagiraju s kisikom iz skladišnog okoliša. Posljedično dolazi do stvaranja stabilnih kemijskih spojeva poput aldehida, ketona te kratko lančanih masnih kiselina, a kao rezultat toga u konačnici imamo užegli okus i miris mesa. Autooksidacija koja ne ovisi o mikrobnom djelovanju, javlja se u mesu skladištenom u aerobnim uvjetima, a na nju utječe omjer nezasićenih masnih kiselina u mesu (Gill, 2002).

Za stupanj oksidacije masti u smrznutom mesu značajni su smanjenje temperature koje usporava kemijske reakcije i koncentriranje reaktanata u preostaloj slobodnoj vodi čime se reakcije ubrzavaju. Oksidacija masti prestaje pri $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ kada je 100% vode smrznuto, no kod temperature iznad $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ povećava se brzina reakcija zbog koncentracije reaktanata. Oksidacija masti najbrža je na temperaturama od $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ kada je većina vode smrznuta, a enzimska aktivnost visoka. Brzi nastanak ranketljivosti može se očekivati tijekom pohrane u zamrzivačima u domaćinstvima na $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, odnosno $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. U kontroliranim i standardi-

ziranim uvjetima, otpornost prema oksidaciji određuje se stupnjem nezasićenosti (pr. govedina > bijelo pileće meso > tamno pileće meso). Oksidacija masti u smrznutom mesu se razvija u dvije faze. Prva se faza očituje tijekom prva tri mjeseca, a uključuje oksidaciju fosfolipida, dok su trigliceridi oksidirani u drugoj fazi, nakon 5 - 6 mjeseci pohrane. Nadalje, ranketljivost u smrznutom mesu može nastati i zbog enzimske lipolize, no taj proces nije toliko značajan kao oksidativna ranketljivost. Uključene su lipaze i fosfolipaze, čime se oslobađaju masne kiseline podložne oksidaciji (Varnam i Sutherland, 1995). Postupak smrzavanja ima utjecaj na smanjenje kvalitete hrane. Niska temperatura usporava sve enzimatske reakcije. Na uobičajenoj temperaturi smrzavanja od -20 °C samo se usporava enzimatska aktivnost a time i promjene kemijskog sastava namirnica, a za potpuno zaustavljanje aktivnosti enzima potrebno je temperaturu sniziti na -30 °C (aktivnost lipaze je utvrđena i pri temperaturi od -25 °C). Pa ipak valja imati na umu kako aktivnost enzima nije samo funkcija temperature, već i pH sredine, koncentracije enzima i dr. Opseg oksidacijskih promjena u smrznutom mesu ovisan je i o načinu pakiranja te antioksidacijskim tvarima prisutnima u mesu ili dodanima naknadno.

Mikroflora smrznutog mesa peradi

Kratko vrijeme održivosti svježeg pilećeg mesa na temperaturi hladnjaka može se povezati i s mikroorganizmima kvarenja prisutnima u svježem proizvodu. Ti se mikroorganizmi mogu razmnožavati na relativno niskim temperaturama, a rezultat njihove metaboličke aktivnosti očituje se kao kvarenje proizvoda (Singh, 1993; Duraković i Duraković, 2001). Mikrobiološke promjene koje se očituju u pilećem mesu mogu se podijeliti u dvije skupine. Prvu čine nepatogeni mikroorganizmi koji

uzrokuju promjene koje dovode do promjene mirisa i okusa a enzimi pojedinih bakterija mogu mijenjati organoleptička svojstva mesa. U drugu se ubrajaju patogeni mikroorganizmi, uzročnici oboljenja ljudi.

Mikroorganizmi koji najčešće kontaminiraju pileće meso mogu rasti na temperaturi hladnjaka (psihrotrofni mikroorganizmi). Mikroorganizmi najčešće izolirani s površine pilećih trupova, ali i iz mesa, su bakterije roda *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Micrococcus*, potom *Brochothrix thermosphacta*, *Staphylococcus aureus*, gljivice i plijesni (Singh, 1993, Arnat-Rollier i sur., 1997; Capita i sur., 2001; Duraković i sur., 2002).

Inicijalna mikroba flora značajno utječe na održivost pilećeg mesa, što upućuje na značenje kontrole procesa proizvodnje (Yashoda i sur., 2001), ali i provođenje veterinarskog pregleda uz primjenu koncepcija osiguranja kakvoće i kontrole kao što su TQM (*Total Quality Management*), dobra proizvodna praksa (GMP; engl. *Good Manufacturing Practice*), kontrola kritičnih točaka proizvodnje (HACCP, engl. *Hazard Analysis of Critical Control Points*), te primjena ISO-normi (van Hoof i Ectors, 2001; Živković, 2001). Mnoga istraživanja pokazuju da osnovno značenje u veterinarskom nadzoru mesa peradi i dalje ima onečišćenje patogenim bakterijama, prije svega sa *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Staphylococcus* spp., *Listeria* spp. (Mead, 1989; de Boer, 1997; Stern i sur., 1997; Živković, 1998; Kozaićinski, 1999), potom *Aeromonas* spp., s *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* i *Clostridium perfringens* (Baker i Bruce, 1989; Mulder, 1999). Epidemiološki izvještaji u svijetu ukazuju i to da je meso peradi i dalje najčešćim uzrokom otrovanja ljudi hranom. Kako se meso peradi ne konzumira sirovo epidemije nastaju uslijed sekundarne kontaminacije nastale tijekom proizvodnje (Mulder, 1999), a Fries (2002) ističe da se mi-

kroflora peradi prenosi od primarne proizvodnje do proizvodnih linija, pa i dalje, naknadnom kontaminacijom.

U prilog tvrdnji da mikrobiološka ispravnost smrznutog pilećeg mesa ovisi o inicijalnom broju i vrstama mikroorganizama, govore i istraživanja Bailey-a i sur. (2000). U piletini pohranjenoj na različitim temperaturama hlađenja i smrzavanja (4, 0, -4, -12 i -18 °C u vremenu od 7 dana) utvrdili su da se inicijalni broj aerobnih mezofilnih bakterija nije značajnije mijenjao tijekom smrzavanja. Međutim, broj psihrotrofnih bakterija pokazivao je rast od 1 log nakon pohrane na temperaturama od -12 i -18 °C kroz 7 dana. Broj *Salmonella* na pozitivnim polovicama pilećih trupova iznosio je 1,5 log i njihov se broj nije osjetno mijenjao na drugim temperaturama pohrane.

Aburuwaida i sur. (1996 a) ukazuju na propuste u pohrani smrznute piletine u maloprodaji u smislu previsokih temperatura (-5 °C). Pri toj temperaturi broj mikroorganizama kvarenja raste, dok se pri pohrani na -8 do -12 °C nije značajnije mijenjao tijekom više od 12 mjeseci pohrane. Broj psihrotrofnih bakterija raste na višim temperaturama pohrane u smrznutom stanju i nakon nekoliko mjeseci pohrane prati ih promjena senzorskih svojstava i povećanje količine amonijaka te ukupnog hlapljivog dušika. Relativno visoki broj *E. coli* i koliformnih bakterija padao je snižavanjem temperature, brže na nižoj temperaturi (-18 °C) nego na -12 °C ili -5 °C. *Salmonella* spp. utvrđena je u 80% pretraženih smrznutih trupova peradi i taj se postotak nije mijenjao produljivanjem vremena smrzavanja. Broj *Campylobacter* spp. i *Staphylococcus aureus* padao je snižavanjem temperature, posebice na -18 °C. Autori zaključuju da smrzavanje ili produženo vrijeme pohrane u smrznutom stanju općenito smanjuje bakterijsku floru piletine, ali je ne čini slobodnom. U svojim daljnjim istraživanjima Aburuwaida i

sur. (1996 b) su utvrdili da produžena pohrana na -12 °C nema posebnog utjecaja na broj bakterija u pilećim trupovima, ali taj broj lagano opada ukoliko je temperatura pohrane na smrznutom -18 °C. Trupovi pohranjeni na -18 °C zadržali su relativno visoka senzorna svojstva kroz 9 mjeseci pohrane, osim pojave opekline u 20% uzoraka. Broj organizama koji ukazuju na higijenu proizvodnje (koliformi) bio je relativno nizak, ali su utvrđene bakterije roda salmonela, *Campylobacter jejuni* te koagulazopotivni stafilokoki.

Samuya i Cottrell (2004) su utvrdili da *Campylobacter jejuni*, iako se njegov broj smanjuje, preživljava na koži vrata piletine pohranjene na -20 °C kroz 2 tjedna. Značajno je da u smrznutoj piletini tijekom jedne godine mogu preživjeti sljedeće bakterijske vrste: *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*, *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus faecium* i *Staphylococcus aureus*. Najveću sposobnost preživljavanja pokazali su fekalni streptokoki, što ih čini korisnima kao indikatorim mikroorganizmima fekalne kontaminacije duboko smrznute hrane (Fries i Eggerding, 1997). U istraživanju svojstava stafilokoka izoliranog iz pilećeg mesa, Anand i sur. (1989) su utvrdili da se njihova biokemijska svojstva ne mijenjaju ukoliko je meso podvrgnuto opetovanom smrzavanju i odmrzavanju. Sposobnost preživljavanja bakterija u smrznutim namirnicama ovisna je o nekoliko činitelja: vrsti bakterije (Gram-negativne ili pozitivne), bakterijskom soju, fazi rasta (eksponecijalna ili stacionarna faza), uvjetima rasta prije smrzavanja, vrsti namirnice (riba, meso i dr.), temperaturi smrzavanja, trajanju pohrane te uvjetima odmrzavanja (Sheridan, 1997).

Temperatura je jedan od najvažnijih čimbenika koji utječu na rast mikrobnih stanica. Postupak konzerviranja mesa niskim temperaturama pridonosi produženju njegove odr-

živosti i sprečavanju rasta patogenih mikroorganizama. Međutim, utvrđeno je da ipak pojedini patogeni mogu rasti i producirati toksine i na temperaturama hlađenja (Mioković i sur., 2004). Smrzavanje je jedan od najsigurnijih načina konzerviranja i produženja održivosti različitih vrsta namirnica. Uslijed nastalih fizikalnih promjena tijekom smrzavanja većina mikroorganizama propada. Međutim, smrzavanjem neki od njih, pa tako i patogeni, ostaju «konzervirani» i preživljavaju u takvim uvjetima dugo vremena. U smrznutim namirnicama pa i u mesu opstaju različite vrste mikroorganizama poput virusa, bakterija, kvasaca, plijesni i protozoa (Archer, 2004). Veliku otpornost na smrzavanje i uzastopni postupak smrzavanja-odmrzavanja pokazuju i bakterijske spore (Lund, 2000), a isto vrijedi i za toksin bakterije *Cl. botulinum* (Schanz i Johnson, 1992). Lund (2000) i Archer (2004) ističu da su gram-negativne bakterije osjetljivije na smrzavanje od gram-pozitivnih, no unatoč tome moguć je njihov nalaz u smrznutom mesu.

Pojave kampilobakterioza ljudi, pored salmoneloze, najčešće se povezuju s konzumacijom mesa peradi. Utvrđeno je da se bakterije roda *Campylobacter* bolje razmnožavaju u uvjetima hlađenja nego na sobnoj temperaturi, na kojoj se inače slabo razmnožavaju. Zbog toga je vrlo čest njihov pozitivan nalaz u ohlađenom, pa i u smrznutom mesu (Kullman i Hager, 2002). Rizik od pojave kampilobakterioze ljudi preko smrznutog mesa peradi u najmanju ruku podjednak kao kod svježeg mesa. Zbog velikog javnozdravstvenog značaja kampilobakterioze ljudi povezane s konzumacijom mesa peradi provode se i istraživanja utjecaja različitih postupaka konzerviranja na sposobnost preživljavanja uzročnika. Moore i sur. (2002) utvrdili su smanjenje broja *Campylobacter* spp u svježem smrznutom mesu brojlera te u smrznutim uzorcima tijekom pohrane.

Bhaduri i Cottrell (2004) istražili su učinak hlađenja (+4 °C) i smrzavanja (-20 °C) i njihove kombinacije na preživljavanje *C. jejuni* u usitnjenju piletini i pilećoj koži. Rezultati tih istraživanja upućuju da samo hlađenje i smrzavanje ili njihova kombinacija ne mogu biti zamjena za higijenski pristup u proizvodnji i pravilan način pripreme mesa peradi. Studije o utjecaju smrzavanja na različite sojeve *C. jejuni* pokazale su da postoji očita razlika između različitih sojeva te njihove osjetljivosti na smrzavanje i hlađenje na + 4 °C te kod - 20 °C (Chan i sur., 2001).

Salmoneloza je uz kampilobakteriozu najučestalija alimentarna infekcija ljudi. Infekcije peradi bakterijama roda *Salmonella* oduvijek su smatrane vrlo značajnim veterinarskim, gospodarskim pa i higijensko-epidemiološkim problemom, a posljedično je ugrožena proizvodnja i promet mesa peradi (Živković, 1989), koju istraživanje Willayata i sur. (2006) pokazalo je da je i svjež (n=125) i smrznuto (n=50) meso pilića kontaminirano salmonelama (2,4 odnosno 4 % uzoraka). Većina istraživanja utjecaja niskih temperatura na salmonele u mesu peradi i drugim animalnim namirnicama pokazala su otpornost uzročnika na takve uvjete (Olson i sur., 1981; Smith, 1995; Peplow i sur., 1999). Utvrđeno je isto tako da *Salmonella* Enteritidis pokazuje povećanu osjetljivost dodatkom nizina tijekom smrzavanja mesa na - 20 °C, ali se ta osjetljivost izgubila nakon odmrzavanja (Bozaris i Adams, 2001).

Bakterije roda *Clostridium* poznate su po svojoj otpornosti na okolišne čimbenike pa tako i na postupke smrzavanja mesa i drugih namirnica. Razinu kontaminacije s *C. perfringens* istraživali su Cakmak i sur. (2006) u smrznutom usitnjenom mesu pilića i smrznutom oblikovanom mesu. *C. perfringens* izoliran je iz 28 (70 %) od 40 pretraženih uzoraka smrznutog

pilećeg mesa. Kontaminacija ovim mikroorganizmom bila je veća za vrijeme ljetnih mjeseci, pa autori navode da mljeveno pileće meso može biti značajan izvor *C. perfringens* poglavito u tom periodu godine, a velik postotak pozitivnih uzoraka upućuje na postojanje nehigijenskih uvjeta i neprimjeren postupak pripreme mesa. Utjecaj smrzavanja na ovu bakteriju ovisan je o supstratu koji se podvrgava smrzavanju. Toksin bakterije *C. botulinum* preživljava postupke smrzavanja i odmrzavanja bez gubitaka na toksičnosti. Općenito se smatra da su bakterijske spore izrazito otporne prema smrzavanju (Schantz i Johnson, 1992; Lund, 2000).

Staphylococcus aureus ubraja se među najotpornije bakterije. Neki sojevi tvore enterotoksine koji u ljudi uzrokuju alimentarne intoksikacije. Onečišćenje hrane bakterijama najčešće je posljedica nehigijenskog rada, ali namirnice mogu biti i primarno kontaminirane toksinogenim stafilokokima. Važna je značajka stafilokoknih enterotoksina da su termostabilni (Hadžiosmanović i sur., 2002). Smatra se da se enterotoksin ne može razgraditi kuhanjem kroz 20 - 60 minuta, dok ga postupak smrzavanja ne inaktivira (Demchicki i sur., 1982; Archer, 2004).

Listerioza ljudi alimentarna je infekcija uzrokovana bakterijom *Listeria monocytogenes*. Uzročnik bolesti pokazuje osebujna svojstva poput velike otpornosti u, za mnoge bakterije pogubnim uvjetima. Tako, primjerice, preživljava smrzavanje, razmnožava se na temperaturama hlađenja, opstaje u kiseloj i alkalnoj sredini, pri niskom aktivitetu vode i povećanoj količini soli. Stoga je moguće njezino preživljavanje i razmnožavanje u različitim vrstama hrane i različitim uvjetima pohrane. Najvažnija karakteristika *L. monocytogenes* je sposobnost rasta na temperaturi od 5°C. *L. monocytogenes* ubikvitar-

na je bakterija trajno prisutna u okolišu, a izdvojena je iz brojnih vrsta namirnica i proizvodnih pogona (Loncarevic, 1998; Živković i sur., 1998; Kozačinski i Hadžiosmanović, 2001; Thévenot i sur., 2005). Općenito, nalaz bakterije *L. monocytogenes* čest je u mesu i proizvodima (Jay, 1996; Kaya i sur. 1997), a naročito u mesu peradi i proizvodima. Čest je nalaz bakterija roda *Listeria* i u smrznutom i duboko smrznutom mesu i drugim animalnim namirnicama a prema izvješću de Valk-a i sur. (2005) broj slučajeva listerioze ljudi povezanih s hranom u Europi nije zanemariv.

Prema podacima iz literature za *L. monocytogenes* letalnija je temperatura od -18 °C nego temperatura od -19,8 °C ponavljanjem ciklusa smrzavanja i odmrzavanja (El-Kest i Marth, 1992). Prema istraživanju koje je provedeno u SAD-u na gotovim jelima od mesa peradi, koja su čuvana u hladnjaku nakon nasađivanja *L. monocytogenes* pri temperaturi od -20 °C u nekim je slučajevima došlo do porasta broja uzročnika, posebno u vakuum-pakiranim proizvodima (hrenovke i kobasice od mesa peradi) dok je u nekim proizvodima i nakon 90 dana utvrđen početni broj bakterija ili neznatno promijenjen broj *L. monocytogenes* (Beverly, 1997). Posebice treba obratiti pozornost na značenje nalaza bakterije u pogonima prerade, koje prema **Gudbjörnsdóttiru i sur. (2004) iznosi od 20,6-24,1%.**

Allen i sur. (2000) istraživali su utjecaj sistema hlađenja piletine na čimbenike mikrobnog onečišćenja trupova. Sistemi uranjanja u vodu, hlađenje zrakom i hlađenje vodenim tuševima s kloriranom vodom nisu se pokazali potpuno učinkovitim. Iako se inicijalni broj bakterija smanjivao, broj bakterija roda *Pseudomonas* nije pokazivao smanjenje do granice koja bi bila sigurna za daljnju proizvodnju ili distribuciju mesa.

Veterinarski nadzor smrznutog mesa peradi

Ocjena svježine i održivosti mesa je osnovni opći zadatak veterinarske kontrole u proizvodnji, preradi i prometu mesa. Kvarjenje proizvoda u najvećem je broju slučajeva posljedica djelovanja mikroorganizama, a rjeđe nastaje kao posljedica djelovanja fizikalno-kemijskih čimbenika. U oba su slučaja promjene intenzivnije u nepovoljnim uvjetima proizvodnje, pohrane i prometa namirnica. Procesi kvarenja očituju se promjenom specifičnih organoleptičkih svojstava mesa. Organoleptička pretraga smrznutog mesa nakon odmrzavanja obuhvaća vanjski izgled, konformaciju, pravilnost klaoničke obrade, boju, sočnost, konzistenciju, nježnost, žilavost, strukturu, mramoranost, okus i miris. Pri tome se ocjenjuje izgled površine i dubljih slojeva mesa, njegova boja i struktura, potom konzistencija (opip, otpor pri rezanju i žvakanju), te miris površine i dubljih slojeva mesa. Da bi se utvrdio intenzitet promjena najbolje je ocjenu mirisa i okusa nadopuniti probom kuhanja ili pečenja. U svim sumnjivim slučajevima treba upotrijebiti i pomoćne, fizikalne (pretraga mesne iscrpine, određivanje pH mesa i mesne iscrpine, ocjena svježine pomoću uv-svjetla) i kemijske (dokaz amonijaka, kvantitativni mikrodiffuzijski dokaz amonijaka, dokaz sumporovodika, hlapljivih masnih kiselina, ukupnog hlapljivog bazičnog dušika), postupke za ocjenu stupnja svježine mesa. Međutim, pojedinačnim izvođenjem kvalitativnih postupaka nije moguće objektivno utvrditi ugroženost mesa od kvarenja, pa se tim postupcima valja služiti sistematski i u kombinaciji s organoleptičkim pretragama, te probom kuhanja i pečenja. Organoleptičke promjene i stupanj kontaminacije mikroorganizmima u najvećem su broju slučajeva u korelaciji s količinom amonijaka u mesu (Živković, 1986; Saleh i sur., 1997).

Organoleptičke promjene smrznutog mesa uglavnom se odnose na isušivanje (sve do mumifikacije), promjenu boje, gubitak arome, pojavu stranog mirisa, pojavu „spužvastog“ tkiva, promjenu boje, mirisa i okusa masnog tkiva. Čimbenici koji dovode do organoleptičkih promjena smrznutog mesa su najčešće neprikladno ili predugo skladištenje te nepravilni postupci smrzavanja mesa. Očituju se promjenom boje (modra do brončana nijansa) mesa, mirisa (kiselkast ili po pokvarenim jajima) ili konzistencije (mekana i spužvasta struktura mesa). Pljesnivost je pojava koja može biti prisutna kod svih vrsta mesa, a najčešće nastaje uslijed širenja spora sa zidova i strova hladnjače ili pak s ambalaže kod mikrokonfekcije. Za ohlađeno meso karakteristična je plijesan iz roda *Aspergillus*, na površini odmrznutog mesa iz roda *Tamnidium*, *Mucor*, dok se na površini smrznutog mesa može uočiti crna plijesan, *Cladosporium herborum*.

Higijenska kakvoća ohlađenog i smrznutog mesa definitivno ovisi o načinu i vremenu pohrane, načinu prijevoza i pravilnom čuvanju mesa u maloprodajnim centrima. Meso koje se stavlja u promet, svježe, ohlađeno ili smrznuto ima rok upotrebljivosti do kojeg treba biti potrošeno. Nakon isteka roka upotrebljivosti treba biti proglašeno higijenski neispravnim za ljudsku prehranu izdvojeno iz prometa i neškodljivo uništeno. Najkraći rok upotrebljivosti smrznute peradi je 7 mjeseci. Posebna pažnja pridaje se čuvanju ohlađenog ili smrznutog mesa pa standardne temperature čuvanja prema Pravilniku o higijeni hrane životinjskog porijekla (Anonim., 2007) iznose najviše do -12°C u prostorijama za skladištenje zamrznutog mesa, odnosno najviše do -18°C u prostorijama za skladištenje duboko smrznutog mesa.

Prijevoz smrznutog mesa je jedna od kritičnih točaka u očuvanju njegove higijenske kakvoće zbog česte manipulacije velikog broja ljudi

(utovar, pretovar, istovar, pakiranje, obrada itd.), neadekvatne temperature i hlađenja tijekom prijevoza na dulje relacije, izbjegavanje troškova pranja i dezinfekcije hladnjača i još čitav niz različitih faktora.

Na kraju valja napomenuti kako istraživanja ukazuju da zasebno ili u kombinaciji, hlađenje i smrzavanje nisu zamjena za sigurno rukovanje i pravilnu kulinarsku pripremu piletine (Aburuwaida, 1996b; Mielnik i sur., 1999; Woods i Church, 1999; Krejenschmidt i sur., 2002).

* Rad je izvadak iz disertacije Renate Sučić: "Utjecaj smrzavanja i odmrzavanja na zdravstvenu ispravnost piletine". Mentor: prof. dr. sc. Lidija Kozačinski (disertacija je izrađena u okviru projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske 053-0531854-1853)

Literatura

Aburuwaida A. S., W.N. Sawaya, A. S. Hussain, Z. Baroon, S. Khalafawi S. (1996a): Incidence of microorganisms affecting shelf-life, quality and safety of locally-produced frozen broiler chickens in Kuwait. Arab Gulf Journal of Scientific Research. 14, 609-628

Aburuwaida, A. S., W. N. Sawaya, B. H. Dashti, Z. H. Baroon, H. A. Allothman (1996b): Microbiological shelf-life and quality of frozen broiler chickens stored under simulated market temperatures. Fleischwirtschaft. 76 (8), 827-830.

Allen V. M., J. E. L. Corry, C. H. Burton, R. T. Whyte, G. C. Mead (2000): Hygiene aspects of modern poultry chilling. Int. J. Food Microbiol. 58, 39-48

Anand, S. K., N. K. Pandey, C. M. Mahapatra, S. Verma (1989): Biochemical and enterotoxigenic characteristics of staphylococcal isolates in frozen chicken as affected by repeated freezing and thawing. Indian Journal of Poultry Science 24, 243-245

Anonimno (2007): Pravilnik o higijeni hrane životinjskog porijekla (NN 97/2007)

Archer, D. L. (2004): Freezing: an underutilized food safety technology? Int. J. Food Microbiol. 90, 127 - 138.

Arnaut-Rollier, I., L. De Zutter, J. van Hoof (1997): Evolution and characterization of *Pseudomonas* spp. in poultry meat spoilage. World con-

gress on food hygiene. WAVFH. The Hague, August 24-29, 1997. Proceedings. Wageningen Pers. Wageningen 1997, 226.

Bailey, J. S., B. G. Lyon, C. E. Lyon, W. R. Windham (2000): The Microbiological Profile of Chilled and Frozen Chicken. Journal of Food Protection 63, 1228-1230

Baker, R. C., C. A. Bruce (1989): Further processing of poultry. In: Processing Poultry, p: 251-283, Elsevier Applied Science, London and New York.

Beverly, R. L. (1997): The control, survival, and growth of *Listeria monocytogenes* on food products. A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in partial fulfillment of the Requirements for the degree of Doctor of Philosophy in The Department of Food Science.

Bhaduri, S., B. Cottrell (2004): Survival of cold-stressed *Campylobacter jejuni* on ground chicken and chicken skin during frozen storage. Applied and Environmental Microbiology 70, 7103 - 7109.

Bozaris, I. S., M. R. Adams (2001): Temperature shock, injury, and transient sensitivity to nisin in Gram negatives. Journal of Applied Microbiology 91, 715-724.

Cakmak, O., F. S. B. Ormanci, M. Tayfur, I. Erol (2006): Presence and contamination level of *Clostridium perfringens* in raw frozen ground poultry and poultry burgers. Turkish journal of veterinary and animal science 30, 101-105.

Capita, R., C. Alonso-Calleja, M. D. Garcia-Fernandez, B. Moreno (2001): Microbiological quality of retail poultry carcasses in Spain. J. Food Prot. 64 (12) 1961-1966.

Chan, K. F., Tran, H. L., Kanenaka, R. Y., Kathariou, S. (2001): Survival of clinical and poultry-derived isolates of *Campylobacter jejuni* at low temperature (4°C). Appl. Environ. Microbiol. 67, 4186-4191.

Cosby, D. E., M. A. Harrison, R. T. Toledo, S. E. Craven (1999): Vacuum or modified atmosphere packaging and EDTA-nisin treatment to increase poultry product shelf-life. J. Appl. Poultry Research 8, 185-190.

Demchicki, P. H., S. A. Palumbo, J. L. Smith (1982): Influence of pH on freeze-thaw lethality in *Staphylococcus aureus*. J. Food Safety 4, 185-189.

Duraković, S., L. Duraković (2001): Mikrobiologija namirnica. Osnove i dostignuća. Kugler, Zagreb

Duraković S., F. Delaš, L. Duraković (2002): Moderna mikrobiologija namirnica. Knjiga druga. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu. Kugler, Zagreb

- De Boer, E.** (1997): Raw meat and poultry as vectors of pathogenic bacteria in kitchen. World congress on Food Hygiene. WAVFH. The Hague, August 24-29, 1997. Proceedings. Wageningen Pers. Wageningen, 1997; str. 323.
- De Valk, H., C. Jacquet, V. Goulet, V. Vaillant, A. Perro, F. Simon, J.C. Desenclos, P. Martin** on behalf of the *Listeria* surveillance feasibility study participants (2005): Surveillance of *Listeria* infections in Europe. *Euro Surveill* 10, 251-5.
- Devlieghere, F., L. Vermeiren, J. Debevere** (2004): New preservation technologies: Possibilities and limitations. *Int. Dairy J.* 14, 273-285.
- El-Kest, S. E., E. H. Marth** (1992): Freezing of *Listeria monocytogenes* and other microorganisms: a review. *J. Food Prot.* 55, 639-648.
- Fletcher, D. L.** (2002): Poultry meat quality. *Worlds Poultry Science Journal*, 58 (2), 131-145.
- Fries, R., B. Eggerding.** (1997): Bacterial reduction in deep-frozen sterile poultry meat. *Archiv fur Lebensmittelhygiene*, 48 (6)123-127.
- Fries, R. (2002): Reducing *Salmonella* transfer during industrial poultry meat production. *World Poultry Sci J* 58, 527-540
- Geiges, O.** (1996): Microbial processes in frozen food. *Advances in Space Research*, 18 (12) 109-118.
- Gill, C. O.** (2002): Microbial control with cold temperatures. U: V.K. Juneja & J.N. Sofos, Control of foodborne microorganisms. New York: Marcel Dekker, 55-74.
- Gracey, J. F., D. S. Collins** (1992): Meat Hygiene. Ninth Edition. Bailliere Tindall, London, England.
- Gracey, J., D.S. Collins, R. Huey** (1999): Meat hygiene. Tenth edition. W.B. Saunders Company Ltd.
- Gudbjörnsdóttir, B., M. L. Suihko, P. Gustavsson, G. Thorkelsson, S. Salo, A. -M. Sjöberg, O. Niclasen, S. Bredholt** (2004): The incidence of *Listeria monocytogenes* in meat, poultry and seafood plants in the Nordic countries. *Food Microbiol.* 21, 217-225
- Hadžiosmanović, M., B. Mioković, B. Njari, L. Kozadžinski, Ž. Cvrtila (2002): Mikroorganizmi uzročnici bolesti koje se prenose hranom. U: Aktualna problematika veterinarsko-sanitarnog nadzora namirnica animalnog podrijetla Ur. Hadžiosmanović, Mirza. Zagreb, Veterinarski fakultet. Str. 10-12.
- Hadžiosmanović, M.** (2005): Kakvoća i održivost smrznutog svinjskog mesa. *Meso*, VII, 4-5.
- Jantawal, P. P., L. E. Dawson** (1977): Stability of Broiler Pieces During Frozen Storage, *Poultry Sci.* 56, 2026-30
- Jay, J. M.** (1996): Prevalence of *Listeria* spp. in meat and poultry products. *Food Control* 7, 209-214.
- Kaya, M., H. Y. Gokalp, A. H. Con** (1997): **Antagonistic effect on *Listeria monocytogenes* and *L. innocua* of a bacteriocin-like metabolite produced by lactic acid bacteria isolated from sucuk.** *Meat Sci.* 59, 437-441.
- Kozačinski, L.** (1999): Postupci izolacije i značenje bakterije *Listeria monocytogenes* u higijeni namirnica. Doktorska disertacija. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, 1999. Rukopis, str.168.
- Kozačinski, L., M. Hadžiosmanović** (2001): The occurrence of *Listeria monocytogenes* in home-made dairy products. *Tierärztl. Umschau* 56, 590-594.
- Kozačinski, Z.** (2003): Ocjena održivosti svježega pilećeg mesa na domaćem tržištu. Stručni rad. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, 2003. Rukopis, str. 68
- Kreyenschmidt, J., N. Peters, B. Petersen, B. Kunz** (2002): Charakterisierung des Verderbs von Frischfleisch – Veränderung mikrobiologischer und biochemischer Parameter von Geflügelfleisch bei unterschiedlichen Lagertemperaturen. *Fleischwirtschaft* 82 (10), 108-111.
- Kullman, Y., O. Hager** (2002): Detection of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in foods. *Archiv fur Lebensmittelhygiene* 53, 76-78.
- Loncarević, S.** (1998): *Listeria monocytogenes* with special reference to food products and human listeriosis. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, 1998.
- Lund, B. M.** (2000): Freezing. U: The Microbiological Safety and Quality of Food, vol. I. Lund, B. M., Baird Parker, T. C., Gould, G. W. (Eds.). Aspen Publishers, Gaithersburg, MD, 122-145.
- Mackie, I. M.** (1993): **The effects of freezing on flesh proteins.** *Food Reviews International* 9, 575-610.
- Marth, E.** (1998): Extended Shelf life Refrigerated Foods: Microbial Quality and Safety. *Food Techn.* 52, 57-62.
- Mead, G.C.** (1989): Hygiene Problems and Control of Process Contamination. In: Editor: G.C. Mead. Elsevier Science Publishers Ltd. 1989, str.183-220.
- Mielnik, M.B., R.H. Dainty, F. Lundby, J. Mielnik** (1999): The effect of evaporative air chilling and storage temperature on quality and shelf life of fresh chicken carcasses. *Poultry Sci.* 78 (7) 1065-1073.
- Mioković, B., B. Njari, L. Kozadžinski, N. Zdolec** (2004): Utjecaj postupaka uzorkovanja na mikrobiološku ispravnost namirnica animalnog porijekla. *Meso* 4, 6, 46-49.
- Moore, J. E., T. S. Wilson, D. R. A. Wareing, T. J. Humphrey, P. G. Murphy** (2002): Prevalence of thermophilic *Campylobacter* spp. in ready-to-eat foods and raw poultry in Northern Ireland. *J Food Protect.* 65, 1326-1328.
- Mulder, R. W. A. W.** (1999): Hygiene during transport, slaughter and processing. In: Poultry Meat Science. Poultry Science Symposium Series Volume Twenty-five. Eds. Richardson and Mead. CABI Publishing 1999, 277-285.
- Olson, V. M., B. Swaminathan, D. E. Pratt, W. J. Stadelman** (1981): Effect of five cycle rapid freeze – thaw treatment in conjunction with various chemicals for the reduction of *Salmonella typhimurium*. *Poultry Science* 60, 1822-1826.
- Peplow, M. O., M. Correa-Prisant, M.E. Stebbins, F. Jones, P. Davies** (1999): Sensitivity, specificity, and predictive values of three *Salmonella* rapid detection kits using fresh and frozen poultry environmental samples versus those of standard plating. *Appl. Environmental Microb* 65, 1055-1060.
- Saleh, Abd El Atty, E., F. Bauer, P. Paulsen** (1997): Shelf-life of poultry: Chemical and microbiological changes during storage and spoilage. World congress on food hygiene. 1997, august 24-29, The Hague, The Netherlands. Proceedings, p. 227.
- Saumya, B., B. Cottrell** (2004): Survival of cold-stressed *Campylobacter jejuni* on ground chicken and chicken skin during frozen storage. *Appl. Environ. Microb.*, 70, 7103-7109.
- Schantz, E. J., E. A. Johnson** (1992): Properties and use of botulinum toxin and other microbial neurotoxins in medicine. *Microbiol Rev* 56, 80-89.
- Schmidt-Lorenz, W.** (1963): Mikrobieller Verderb gefrorener Lebensmittel während der Gefrierlagerung. *Kaltetechnik* 15, 39.
- Schmidt-Lorenz, W., J. Gutschmidt** (1968): Mikrobielle und sensorische Veränderungen gefrorener Lebensmittel bei Lagerung im Temperaturbereich von -2.5°C bis -10°C. *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 1, 26.
- Schmidt-Lorenz, W., J. Gutschmidt** (1969): Mikrobielle und sensorische Veränderungen gefrorener Brathähnchen und Poularden bei Lagerung im Temperaturbereich von -2.5°C bis -10°C. *Fleischwirtschaft*, 49, 1033
- Sheridan, J. J.** (1997): The effect of freezing on the survival of pathogens in different meat types and the effect of varying lean fat ratios. Hygiene review, The Society of Food Hygiene and Technology
- Singh, H.** (1993): Extension of shelf-life of meats and fish by irradiation. In: Shelf-life studies of foods and beverages. Chemical, Biological Physical and Nutritional Aspects. (G. Charalambous, Ed.) Elsevier Science Publisher B.V. Netherland

Organoleptic, chemical and microbiological changes of frozen poultry meat**Summary**

The paper presents professional literature data on microbiological and chemical changes and their effect on organoleptic traits of chicken during frozen storage. Freezing is often emphasized as a procedure which prolongs the period of product's sustainability by slowing microbial growth. Mistakes and aberrations in terms of weak sensory traits of frozen poultry meat are also a consequence of repeated freezing and defrosting which leads to loss of juiciness as well as to microbiological and other biochemical and physical-chemical changes. Along with all the listed, the quality of frozen meat is also significantly affected by defrosting procedure which can often lead to important sensory aberrations and the loss of nutritional value. A grade of health safety and quality of frozen chicken meat depending on the length and conditions of storage has also been shown.

Key words: frozen poultry meat, organoleptic traits, chemical changes, microflora of frozen, poultry meat

Organoleptische, chemische und mikrobiologische Änderungen bei tiefgefrorenem Geflügelfleisch**Zusammenfassung**

In der Arbeit sind Literaturangaben über mikrobiologische und chemische Änderungen und deren Einfluss auf organoleptische Eigenschaften des Geflügelfleisches während der Lagerung im tiefgefrorenem Zustand dargestellt. Das Einfrieren wird oft als ein Verfahren hervorgehoben, wodurch es möglich ist, die Haltbarkeit des Erzeugnisses wegen der Verlangsamung des Mikrowachstums zu verlängern. Fehler und Abweichungen in Bezug auf die schwachen sensorischen Charakteristiken von eingefrorenem Geflügelfleisch sind Folge von aufeinanderfolgenden Einfrieren und Auftauen, was sowohl zu einem Verlust der Saftigkeit als auch zu mikrobiologischen und anderen biochemischen und physikalisch-chemischen Änderungen führt. Neben dem schon Erwähnten hat einen bedeutenden Einfluss auf die Qualität des gefrorenen Fleisches das Verfahren des Auftauens, das oft zu bedeutenden sensorischen Abweichungen und Verlust von nutritiven Werten, führen kann. Es ist auch eine Bewertung der gesundheitlichen Richtigkeit und Qualität des gefrorenen Geflügelfleisches gegeben, abhängig von der Länge und Lagerungsbedingungen während der Lagerung.

Schlüsselwörter: tiefgefrorenes Geflügelfleisch, organoleptische Eigenschaften, chemische Änderungen, Mikroflora des tiefgefrorenen Geflügelfleisches

Organoleptic, chemical and microbiological changes of frozen poultry meat**Summary**

The paper presents professional literature data on microbiological and chemical changes and their effect on organoleptic traits of chicken during frozen storage. Freezing is often emphasized as a procedure which prolongs the period of product's sustainability by slowing microbial growth. Mistakes and aberrations in terms of weak sensory traits of frozen poultry meat are also a consequence of repeated freezing and defrosting which leads to loss of juiciness as well as to microbiological and other biochemical and physical-chemical changes. Along with all the listed, the quality of frozen meat is also significantly affected by defrosting procedure which can often lead to important sensory aberrations and the loss of nutritional value. A grade of health safety and quality of frozen chicken meat depending on the length and conditions of storage has also been shown.

Key words: frozen poultry meat, organoleptic traits, chemical changes, microflora of frozen, poultry meat

Smith, M. G. (1995): Survival of *E. coli* and *Salmonella* after chilling and freezing in liquid media. *J Food Sci* 60, 509-512.

Stead, D., S. F. Park (2000): Roles of Fe superoxide dismutase and catalase in resistance of *Campylobacter coli* to freeze – thaw stress. *Appl. Environ. Microb.* 66, 110–3112.

Stern, N. J. (1985): Enumeration and reduction of *Campylobacter jejuni* in poultry and red meats. *J Food Protect.* 48, 606– 610.

Thévenot, D., M. L. Delignette-Muller, S. Christeans, C. Vernozy-Rozand (2005): Prevalence of *Listeria monocytogenes* in 13 dried sausage processing plants and their products. *Int. J. Food Microbiol.* 102, 85-94.

Van Hoof, J., R. Ectors (2001): Automated vision inspection of broiler carcasses. *Fleischwirtschaft* 81, 96-101

Varnam, A., J. M. Sutherland (1995): Meat and

products - technology, chemistry and microbiology. Vol. 3. Chapman Hall. London.

Willayat, M. M., G. N. Sheikh, R. Ahmed, G. Das (2006): Isolation of *Salmonella* serotypes from fresh and frozen chicken. *Indian Veterinary Journal* 83, 1253-1255.

Woods, L.F.J., P.N. Church (1999): Strategies of extending the shelf-life of poultry meat and products. In: *Poultry Meat Science. Poultry Science Symposium Series Volume Twenty-five.* Richardson and Mead (Eds.) CABI Publishing 1999, str. 297-313.

Zaritzky, N.E. (2000): Factors Affecting the Stability of Frozen Foods. In: *Managing Frozen Foods.* Kennedy, C.J. (Ed.) pp.111-135. Woodhead Publishing Ltd.

Živković, J. (1986): Higijena i tehnologija mesa. Kakvoća i prerada. Tipografija "Dakovo".

Živković, J., B. Njari, L. Kozačinski (1994): Ka-

kvoća i higijenska ispravnost mesa u funkciji unapređivanja peradarstva. Peradarski dani '94. Trakošćan, 5-7. listopada 1994. Zbornik, str. 58-67.

Živković, J. (1998): Mikrobiološka ispravnost mesa peradi i jaja. U: Jaja i meso peradi u prehrani i dijetetici. AMZH. Urednici: R. Živković, V. Oberiter, M. Hadžiosmanović. Str. 123-134.

Živković, J. (2001): Higijena i tehnologija mesa. Veterinarsko-sanitarni nadzor životinja za klanje i mesa. I. dio. (pripremio i dopunio M. Hadžiosmanović). Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Yashoda, K.P., N.M. Sachindra, P.Z. Sakhare, D.N. RAO (2001): Microbiological quality of broiler chicken carcasses processed hygienically in small scale poultry processing unit. *J. Food Qual.* 24 (3), 249-259

Dostavljeno: 27. kolovoza 2010.
Prihvaćeno: 4. studenoga 2010.