

## ZNANSTVENO MIŠLJENJE

### o kvaliteti zamrznutog mesa peradi (pilećeg i purećeg)

Znanstveno mišljenje donosi Radna grupa za donošenje mišljenja o kvaliteti zamrznutog mesa peradi

(Zahtjev HAH – Z – 2011-1)

Usvojeno 03. listopada 2011.

#### ČLANOVI RADNE GRUPE

- 1) prof.dr.sc. Helga Medić, Prehrambeno – biotehnološki fakultet, Zagreb
- 2) prof.dr.sc. Lidija Kozačinski, Veterinarski fakultet, Zagreb
- 3) prof.dr.sc. Goran Kušec, Poljoprivredni fakultet, Osijek
- 4) dr.sc. Jelka Pleadin, Hrvatski veterinarski institut, Zagreb
- 5) doc.dr.sc. Zoran Škrtić, Poljoprivredni fakultet, Osijek

#### KOORDINATOR:

Brigita Hengl, dr.vet.med., Hrvatska agencija za hranu

#### SAŽETAK

Na tehnološku kvalitetu mesa peradi značajan utjecaj ima više čimbenika: način tova, vrsta hrane, temperatura okoliša, transport životinja, načini omamljivanja prije klanja, postupak s trupovima tijekom i nakon klanja, te uvjeti skladištenja. Svakako treba naglasiti da primjena više razine dobrobiti

(tov, hvatanje životinja prije transporta te postupci pri omamljivanju i klanju) može značajno utjecati na kvalitetu mesa. Samo tehnološki besprijekorno kvalitetno meso može se podvrgnuti procesima daljnjeg skladištenja i čuvanja.

Kvarenje 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.

Zamrzavanje mesa kao metoda konzerviranja ima brojne prednosti u očuvanju svojstava mesa peradi čiji kemijski sastav karakteriziraju visokovrijedne bjelančevine, minerali i vitamini B kompleksa. Uspoređujući s ostalim postupcima konzerviranja, zamrzavanjem se najbolje očuvaju nutritivno vrijedni sastojci mesa.

Kvaliteta zamrznutog mesa prvenstveno ovisi o brzini i temperaturi zamrzavanja, te o kristalima leda koji nastaju tijekom zamrzavanja, njihovom položaju i veličini.

Značajni čimbenici koji određuju stabilnost i prihvatljivost proizvoda odnose se na one koji utječu na oksidativne i senzoričke promjene. U tom smislu najvažniji čimbenici su sadržaj nezasićenih masnih kiselina i oksidativno ili antioksidativno okruženje fosfolipidnih membrana.

Dodavanje soli prije zamrzavanja, rasijecanje i usitnjavanje također skraćuje rok trajanja zamrznutog mesa. Izuzetno je važan i učinak pakiranja, a krajnji čimbenik je temperatura pohrane.

Kemijske analize koje su poznate i koriste za određivanje stupnja oksidacije masti u mesu i proizvodima, kao što su određivanje peroksidnog broja i TBA/TBARS, su nedovoljno istražene i često s različitim tumačenjima rezultata.

Higijenska kvaliteta zamrznutog mesa ovisi o načinu i vremenu pohrane, načinu prijevoza i pravilnom čuvanju mesa u maloprodajnim centrima. Meso koje se stavlja u promet zamrznuto ima rok upotrebljivosti do kojeg treba biti potrošeno. Nakon isteka roka trajanja treba biti proglašeno štetnim za zdravlje i neprikladnim za prehranu ljudi, te povučeno s tržišta.

## KLJUČNE RIJEČI

Zamrznuto meso peradi, biokemijske promjene, mikroflora mesa peradi, TBA.

## SUMMARY

Significant influence on the technological quality of poultry meat has several factors: a way of fattening, type of feed, temperature of the environment, transport of animals, methods of stunning before slaughter, the operating procedure with carcasses during and after slaughter and storage conditions. It should be noted that the application of higher levels of welfare (fattening, catching animals prior to transport and procedures for the stunning and slaughter) can significantly affect the quality of meat. Only technologically impeccable meat is quality enough and can be subjected to further processes of storage and preservation.

Spoilages of products in the largest number of cases are due to the action of microorganisms, and occur rarely as a consequence of physical and chemical factors. In both cases, more intensive changes will occur in unfavorable conditions of production, storage and transport of food.

Freezing of meat as a method of preservation has many advantages in keeping the properties of poultry meat, whose chemical composition is characterized by high protein content, minerals and B complex vitamins. Comparing with other methods of preservation, the best keeping nutritionally values of meat ingredients is freezing.

The quality of frozen meat mainly depends on the temperature and freezing rate of ice crystals that occur during freezing, their location and size. Important factors that determine the stability and acceptability of products are related to those affecting the oxidative and sensory changes. In this sense, the most important factors are the content of unsaturated fatty acids and oxidative or antioxidative phospholipid membrane environment.

Adding of salt, cutting and grinding also reduces shelf life. Effect of packaging is also extremely important and the final factor is the storage temperature.

Chemical analysis that are known and used for determining the degree of oxidation of fats in meat and meat products, such as the determination of peroxide value and TBA/TBARS, were not sufficiently explored, and often with different interpretations of the results.

Hygienic quality of frozen meat depends on the manner and time of storage, mode of transportation and proper storage of meat at retail centers. Frozen meat that is placed on the market has a term of usability until which should be spent. After the expiry date should be declared unsafe to health and unfit for human consumption and withdrawn from the market.

#### **KEY WORDS**

Frozen poultry meat, biochemical changes, microflora of poultry meat, TBA.

## SADRŽAJ

ČLANOVI RADNE GRUPE.....	1
SAŽETAK .....	2
KLJUČNE RIJEČI .....	3
SUMMARY .....	3
KEY WORDS.....	4
POZADINA SLUČAJA .....	6
ZAHVALA .....	6
PROCJENA .....	7
1. Identifikacija i karakterizacija rizika .....	7
1.1. Promjene u sastavu zamrznutog mesa peradi .....	7
1. 2. Osobitosti kvalitete mesa pri proizvodnji purećeg mesa.....	8
1. 3. Oksidacija lipida kod purećeg mesa (peroksidni broj i TBA).....	9
1. 4. Fizikalno-kemijske i biokemijske promjene tijekom zamrzavanja mesa.....	12
1. 5. Mikroflora zamrznutog mesa peradi .....	18
1. 6. Štetan utjecaj produkata lipidne oksidacije na ljudsko zdravlje .....	23
1. 7. Prednosti i nedostaci zamrzavanja.....	23
1. 8. Skladištenje zamrznutog mesa i proizvoda od mesa peradi.....	26
2. Zaključak.....	27
3. Preporuke .....	28
LITERATURA .....	29

## POZADINA SLUČAJA

Znanstveno mišljenje o kvaliteti zamrznutog mesa peradi (pileće, pureće) donosi se na vlastitu inicijativu Hrvatske agencije za hranu, potaknuto zahtjevom Ministarstva poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja za Inicijalnom procjenom rizika za zamrznuto pureće meso s povišenim peroksidnim brojem, koje je zaprimljeno 2. prosinca 2011. godine.

## ZAHVALA

Hrvatska agencija za hranu zahvaljuje svim članovima Radne grupe u izradi ovog znanstvenog mišljenja.

## PROCJENA

### 1. Identifikacija i karakterizacija rizika

#### 1. 1. Promjene u sastavu zamrznutog mesa peradi

Na tehnološku kvalitetu mesa peradi značajan utjecaj ima više čimbenika: način tova, vrsta hrane, temperatura okoliša, transport životinja, načini omamljivanja prije klanja, postupak s trupovima tijekom i nakon klanja, te uvjeti skladištenja. Svakako treba naglasiti da primjena više razine dobrobiti (tov, hvatanje životinja prije transporta te postupci pri omamljivanju i klanju) može značajno utjecati na kvalitetu mesa.

Kvarenje 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. Inicijalna mikrobna flora značajno utječe na održivost pilećeg mesa, što upućuje na značaj kontrole procesa proizvodnje, ali uz primjenu koncepcija osiguranja kvalitete i kontrole kao što su potpuno upravljanje kvalitetom (TQM; *Total Quality Management*), dobra proizvođačka praksa (GMP; engl. *Good Manufacturing Practice*), sustav analize opasnosti i kritičnih kontrolnih točaka (HACCP, engl. *Hazard Analysis of Critical Control Points*), te primjena ISO-normi.

Na takav način proizvedeno meso peradi zadovoljit će zahtjeve u okviru sigurnosti hrane i samo takvo meso trebalo bi se podvrgavati zamrzavanju.

Zamrzavanje mesa kao metoda konzerviranja ima brojne prednosti u očuvanju svojstava mesa peradi čiji kemijski sastav karakteriziraju visokovrijedne bjelančevine, minerali i vitamini B kompleksa. Uspoređujući s ostalim postupcima konzerviranja, zamrzavanjem se najbolje očuvaju nutritivno vrijedni sastojci mesa. Tijekom zamrzavanja namirnica slobodna voda prelazi u led, a

temperatura pri kojoj počinje zamrzavanje ovisi o koncentraciji otopljenih tvari u vodi. Meso se počinje zamrzavati kod  $-1,5^{\circ}\text{C}$ , a pri  $-2,5^{\circ}\text{C}$  oko polovica vode u mesu je u zamrznutom stanju. Na temperaturama između  $0$  i  $-5^{\circ}\text{C}$  frakcija leda u mesu iznosi oko 74%, kod  $-10^{\circ}\text{C}$  83%, kod  $-20^{\circ}\text{C}$  88%, dok je kod  $-40^{\circ}\text{C}$  meso gotovo potpuno zamrznuto. Oko 10% vode ostaje u nezaleđenom stanju (vezana voda), vezano uz strukturne bjelančevine. Kvaliteta zamrznutog mesa prvenstveno ovisi o brzini zamrzavanja, te o veličini i položaju kristala leda koji nastaju tijekom zamrzavanja. Aktivitet vode u svježem mesu iznosi 0,99, a zamrzavanjem se postupno smanjuje u skladu s formiranjem leda (Gill, 2002).

U pogledu kemijskog sastava, tijekom zamrzavanja mesa najznačajnije promjene u sastavu odnose se na bjelančevine i masti (Asghar i sur., 1988; Soyer i sur., 2010). Rezultati novijih istraživanja pokazuju da se promjene u sastavu zamrzanog mesa peradi mogu uočiti već nakon 3 mjeseca (Soyer i sur., 2010).

Značajni čimbenici koji određuju stabilnost i prihvatljivost proizvoda odnose se na one koji utječu na oksidativne i senzoričke promjene. U tom smislu najvažniji čimbenici su sadržaj nezasićenih masnih kiselina i oksidativno ili antioksidativno okruženje fosfolipidnih membrana. Osim toga, važni su i procesi toplinske obrade kao što je kuhanje, koje inicira oksidativne promjene i umanjuje praktičnu trajnost mesa za oko 50%. Dodavanje soli, rasijecanje i usitnjavanje također skraćuje rok trajanja. Izuzetno je važan je i učinak pakiranja, a krajnji čimbenik je temperatura pohrane.

## **1. 2. Osobitosti kvalitete mesa pri proizvodnji purećeg mesa**

U proizvodnji pura sve se više susreće problem blijedog, mekanog i vodnjikavog mesa (BMV, engl. Pale, Soft, Exudative - PSE), koje je po obilježjima slično BMV mesu kod svinja. Navedeni nedostatak u vezi je s uspješnom selekcijom pura na brzi rast i prirast prsnog mišića (Pietrzak i sur., 1997). BMV meso nastaje kao rezultat ubrzane postmortalne glikolize, što uzrokuje nagli pad postmortalnog pH u toplom trupu. Visoka temperatura i nagli pad pH uzrokuje denaturiranje



bjelančevina u mišićima i tako nastaje meso blijede boje, smanjene sposobnosti vezanja vode (sp.v.v.) i slabije teksture (Warriss i Brown, 1987; Santos i sur., 1994).

Utjecaj različitih temperatura hlađenja trupova na razvoj blijedog i vodnjikavog prsnog mišića pura istraživali su Alvarado i Sams (2002), te su zaključili kako sporo ili neodgovarajuće hlađenje trupova može doprinijeti stvaranju BMV mesa. Autori navode kako bi prema rezultatima njihovog istraživanja temperatura prsnog mišića trebala biti 25°C ili niža do 60 minuta nakon klanja, kako bi se smanjio rizik od stvaranja mesa s BMV obilježjem. Ako se temperatura prsnog mišića ne snizi na manje od 25°C do 105 minuta nakon klanja, nastaje svijetlo meso slabije sposobnosti vezanja vode. Autori ističu kako bi se trupovi pura morali naglo hladiti odmah nakon klanja da bi se spriječio problem nastanka mesa slabije kvalitete.

Negativni utjecaj transporta i visokih temperatura na kvalitetu mesa peradi istakli su Mitchell i sur., (1992), Mitchell i Sandercock, (1995) te Owens i Sams (2000).

Utjecaj načina omamljivanja na kvalitetu mesa pura istaknut je u brojnim radovima (Murphy i sur., 1998; Bilgili, 1992; Dickens i Lyon, 1993). Najčešće se koristi električno omamljivanje zato što je učinkovito, brzo i jeftino. Pod optimalnim uvjetima električno omamljivanje pozitivno utječe na nježnost mesa te sprječava preranu post mortalnu glikolizu (Lee i sur., 1979; Thomson i sur., 1986; Kim i sur., 1988; Murphy i sur., 1988). Međutim, ako je proces omamljivanja neodgovarajući dolazi do oštećenja trupa i rezultira manjom kvalitetom mesa (Lee i sur., 1979; Wabeck, 1987; Gregory i Wilkins, 1993).

### **1. 3. Oksidacija lipida kod purećeg mesa (peroksidni broj i TBA)**

Oksidacija lipida u svježem, obrađenom i kuhanom mesu peradi povezana je s negativnim pojavama okusa i mirisa koji se najčešće opisuju kao užegli ili općenito neprihvatljivi te se smatra velikim problemom u mesnoj industriji (Einerson i Reineccius, 1977; Bailey i sur., 1980; Ladikos i Lougovois., 1990; Pettersen i sur., 2004). Oksidacija lipida je složeni proces u kojem nezasićene masne kiseline stupaju u reakciju s molekularnim kisikom preko slobodnih radikala te nastaju

peroksidi ili ostali primarni produkti oksidacije (Gray, 1978). Sekundarni proizvodi oksidacije (aldehidi, ketoni i esteri) odgovorni su za nastanak neprihvatljivog (užeglog) okusa i mirisa mesa tijekom skladištenja zamrznutog mesa (Igene i sur., 1981; Ladikos i Lougovois, 1990). Oksidacija lipida može se spriječiti dodavanjem antioksidanata u hranu za pure.

Zbog intenzivnog rasta perad se hrani visoko energetske obrocima. Hranidba peradi u tovu sadrži značajne količine dodanih masti i ulja (3-8%) uz već postojeće iz prisutnih krmiva u smjesi (Škrtić i sur., 2005). Dodana mast ili ulje, kako bi se izbalansirala potreba peradi u tovu za energijom, često sadrži veliku razinu nezasićenih masnih kiselina koje su sklone oksidacijskim procesima u trupu nakon klanja (Has-Schoen i sur., 2008). Poželjno je koristiti antioksidante (vitamin E, selen) u većim količinama od preporučenih u smjesama za pure kako bi se povećala oksidativna stabilnost uskladištenog mesa.

U uvjetima hranidbe peradi s visokim razinama nezasićenih masnih kiselina u obroku čak ni povišene razine vitamina E nisu uvijek učinkovite u zaštiti tkiva od oksidativnih procesa (Bartov i Bronstein, 1981). Vitamin E jedan je od najvažnijih antioksidanta prisutnih u staničnim membranama. Štiti membranske masne kiseline i kolesterol od peroksidativnih oštećenja uzrokovanih djelovanjem slobodnih radikala (Buckley i sur., 1995; Liu i sur., 1995). Osim toga, dodavanje antioksidanata u hranu za perad ima velike prednosti u odnosu na dodavanje antioksidanata u trupove i meso nakon klanja zato što se tijekom tova odlažu u tkivima gdje su najpotrebniji (Govaris i sur., 2004 i 2005).

U istraživanju Sheldona i sur. dužina skladištenja zamrznutog mesa pura (30-150 dana) nije imala utjecaj na TBA vrijednost u mišićima prsa za razliku od sadržaja vitamina kojeg je pokusna perad primala u hranidbi. Niže vrijednosti TBA utvrđene su u mesu pura hranjenih s dodatkom većih količina vitamina E u hrani. Važan utjecaj ima i vrijeme dodavanja vitamina E u hranidbu pura prije klanja. Što se duže vremena prije klanja dodaje vitamin E u hranu za pure, bolja je oksidativna stabilnost mesa u trupu tijekom skladištenja (Sheldon i sur., 1997). Međutim, različiti postupci s

pticama prije i tijekom klanja te pakiranje mesa (trupova) prije skladištenja mogu značajno utjecati na smanjenje sadržaja antioksidanata u mesu pura (Ahn i sur., 1998).

Sheldon i sur. (1997) ističu problem korištenja TBA metode prilikom utvrđivanja oksidacijskih procesa u zamrznutom mesu. TBA vrijednost opada dužinom skladištenja mesa u zamrzivaču (najviša je bila nakon 30 dana, a zatim je opadala u 90 i 150 danu od početka zamrzavanja). Nepouzdanost TBA analize tumači se time što mnogi produkti koji nastaju tijekom oksidacije (npr. aldehidi) podliježu daljnjim reakcijama u kojima nastaju tvari koje se ne mogu detektirati upotrebom TBA. Vrijednosti lipidne oksidacije mjerene uz pomoć TBARS-a (Pettersen i sur., 2004) bile su puno pouzdanije i rastle su s vremenom skladištenja zamrznutog mesa (30, 90, 180 i 360 dana). Također, utvrđena je visoka i pozitivna korelacija TBARS-vrijednosti sa heksanalom (glavnim sekundarnim produktom oksidacije linolne kiseline, Frankel i sur., 1981). Vrijeme skladištenja imalo je značajan utjecaj na razvoj užeglosti u mesu pura tijekom istraživanja Pettersona i sur. (2004). Najveći porast vrijednosti TBARS-a utvrđen je između 90 i 180 dana skladištenja, što je u skladu s ranijim istraživanjima (Uebersax i sur., 1975; Jantawat i Dawson, 1980; Younathan i sur., 1980), a u suprotnosti s navedenim istraživanjem Sheldona i sur. (1997).

Metoda s tiobarbituratnom kiselinom (TBA) koristi se u velikoj mjeri za određivanje oksidacijskog kvarenja masti u mesu i proizvodima od mesa. TBA vrijednost jednaka je mg malondialdehida po kilogramu uzorka. Količina malondialdehida se određuje fotometrijski i užeglost počinje s 0,4-0,6mg malondialdehida (MDA) po kilogramu uzorka.

Maksimalne TBA vrijednosti koje se često koriste za svježe proizvode su 0,7-1,0 mg MDA/kg. TBA vrijednosti iznad 1 neki proizvođači smatraju neprihvatljivom jer ukazuje na užeglost. Što se tiče senzoričke detekcije užeglosti, količina MDA varira između 0,6-2,0mg MDA/kg uzorka.

Peroksidni broj nije korišten u proučenim recentnim znanstvenim istraživanjima kako bi se opisala oksidativna stabilnost mesa pura.

#### 1. 4. Fizikalno-kemijske i biokemijske promjene tijekom zamrzavanja mesa

Trajnost zamrznute hrane ovisi o intenzitetu odvijanja fizikalno-kemijskih i biokemijskih reakcija tijekom čuvanja, a na njih utječu način pakiranja (sa ili bez ambalaže, vakuum pakiranje) temperatura čuvanja, te relativna vlažnost atmosfere 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 kvalitetu zamrznutog 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 cijedenja i pojave nepoželjnog izgleda mesa, te gubitka sočnosti poslije kulinarske obrade. Tijekom čuvanja zamrznute hrane (mesa) dolazi i do pojave rekristalizacije leda pri čemu mali kristali leda nestaju, a veliki postaju još veći. Ova pojava zbiva se u slučaju variranja temperature čuvanja pri čemu kod povišenja temperature dolazi do taljenja malih kristala leda i ugradnje molekula vode na velike kristale. U slučaju konstantne temperature čuvanja također dolazi do rekristalizacije koja je u ovom slučaju izazvana razlikama u tlakovima velikih i malih kristala, pri čemu se nakon nekog vremena njihova veličina ujednačuje. To dovodi do remećenja elektrostatske ravnoteže u zamrznutom mesu odnosno povećanja ili smanjivanja količine soli u pojedinim dijelovima što posljedično dovodi do denaturacije i promjena u smislu kapa zamrzavanja i gubitka boje. Promjene koje utječu na kvalitetu zamrznutog mesa pojavljuju se u svim fazama pohrane, od početnog zamrzavanja do završnog otapanja (Varnam i Sutherland, 1995).

Tijekom zamrzavanja 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 zamrznutom stanju. Zamrzavanje dovodi

do malih, ali vidljivih promjena u senzorskim svojstvima mesa pa opseg promjena u strukturi bjelančevina ovisi o načinu zamrzavanja. Sporo zamrzavanje uzrokuje veći gubitak vode pri odmrzavanju i izraženije smanjenje sposobnosti vezanja vode nego pri brzom zamrzavanju. Također, sporim se zamrzavanjem, u odnosu na brzo, pojavljuju opsežnije proteolitičke promjene i povećanje aktivnosti adenozin-trifosfataze miofibrilarnih bjelančevina (Mackie, 1993).

Promjene u sposobnosti vezanja vode tijekom zamrzavanja dovode do cijedenja 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 bjelančevina je značajna biokemijska promjena koju uzrokuje tvorba kristala leda i porast koncentracije soli u mišićnoj stanici. Uslijed denaturacije smanjuje se količina topljivih bjelančevina i slobodnih SH-skupina u mesu (Batifoulrier i sur., 2002). Uglavnom se odnosi na miozin i aktin kao glavne miofibrilarne bjelančevine koje su značajne za funkcionalne karakteristike mesa (Decker i sur., 1993). Rezultati istraživanja pokazuju da se tijekom 15-tjednog skladištenja brzo zamrznutog mesa, koje sadrži i unutarstanične i izvanstanične kristale leda, denaturacija miozina povećava s 19% (odmah nakon zamrzavanja) na oko 60% i to neovisno o temperaturi skladištenja. U polagano zamrznutom mesu denaturira se također glavina miozina (oko 40%). Tijekom pohrane denaturacija je spora, pa se dodatno denaturira samo 20% miozina sljedećih 40 tjedana. Denaturacija, posebno u slučaju sporog zamrzavanja, također uključuje i cijepanje aktinskih i miozinskih veza. Smanjena sposobnost vezanja vode utječe na kvalitetu odmrznutog mesa u kojem mišićne stanice nisu sposobne reapsorbirati svu vodu izvanstaničnih prostora. Glavni učinak spomenutih promjena tijekom pohrane zamrznutog 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 zamrzavanju gdje se kristalizacija zbiva istovremeno i unutar i izvan stanice, količina vode pri otapanju je ovisna o stupnju i brzini zamrzavanja mesa. Pri brzom zamrzavanju i nastanku velikog broja malih kristala, količina vode pri otapanju je vrlo mala. Unutarstanični kristali veći su pri sporijem zamrzavanju 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).

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 gubitak zamrzavanja/odmrzavanja (Živković, 1986; Gracey i sur., 1999).

Daljnje promjene zamrznutog mesa odnose se na promjene u boji, a nastupaju kao posljedica oksidacije mioglobina u metmioglobin, pri čemu meso postaje tamnije što je usko vezano uz užeglost masti. U tim okolnostima zamrznuto meso može izgledati tamnije od svježega, a to proizlazi iz koncentracije pigmenata za vrijeme zamrzavanja što se može nadomjestiti brzim zamrzavanjem i refleksijom malih kristala leda. S druge strane, taj postupak može dovesti do pojave neprihvatljive svijetle boje mesa. Brzo zamrzavanje rezultira u svjetlijoj boji trupa peradi nego sporo zamrzavanje. Tijekom sporog zamrzavanja, koža se suši, skuplja i postaje manje transparentna što rezultira tamnijim vanjskim izgledom nego u slučaju primjene brzog zamrzavanja. Potrošači preferiraju svjetliju boju trupa zamrznute peradi. Tamna boja kostiju zamrznutog mesa peradi potječe od prodora hemoglobina iz koštane srži, zbog učinaka zamrzavanja ili odmrzavanja. Pojavljuje se uglavnom kod relativno mlađe peradi jer njihove kosti nisu potpuno kalcificirane i zbog toga su poroznije od kostiju odraslih jedinki. Iako tamna boja kostiju u biti ne mijenja kvalitetu proizvoda, izgled takvih kostiju je manje prihvatljiv potrošačima. Hlađenjem prije zamrzavanja ne može se prevenirati ovo svojstvo.

Unatoč mnogim pokušajima, problem do danas nije riješen pa će se ovaj efekt ukloniti jedino odstranjivanjem koštane srži ili kuhanjem prije zamrzavanja. Isto tako, mijenjaju se i sarkoplazmatske bjelančevine, albumin i globulin. Stvaranjem ledenih kristala u mesu značajno se podiže koncentracija ovih bjelančevina, što rezultira netopivošću kristala. Promjena je ireverzibilna čak i kada se meso otopi (Sučić i sur., 2010).

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 zamrzavanjem mesa, odnosno gubitkom vode zamrznutih 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 zamrznutog dugo skladištenog mesa, a moguće ju je zapaziti već nakon dvomjesečnog skladištenja. S produživanjem skladištenja zamrznutog 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 zamrznute piletine u zamrzivačima što rezultira promjenama u izgledu, mirisu i okusu, a posljedica je oksidacije masti, dehidracije i denaturacije bjelančevina. Međutim, maksimalno vrijeme održivosti piletine u zamrzivačima na temperaturama zamrzavanja koje se spominju u literaturi i praksi različite su. Rezultati istraživanja pokazuju da zamrznuto meso peradi ima održivost od 12 mjeseci, bez da su tijekom tog perioda uočene značajne promjene u njegovoj kvaliteti (Gracey i sur., 1999). Ranija istraživanja govore da je maksimalno vrijeme skladištenja mesa brojlera 6 mjeseci na  $-17,8^{\circ}\text{C}$  (Jantawat i Dawson, 1977). Zamrznuto meso

koje se pohranjuje na dugo razdoblje također karakterizira i suhoća, spužvastost, užeglost, promjena boje i arome. Ujedno, dolazi do raspada masti na slobodne masne kiseline i glicerol te do oksidativne užeglosti zbog reakcije nezasićenih masnih kiselina s kisikom iz prostora u kojem se meso skladišti. Pritom nastaju aldehidi, ketoni i kratko lančane masne kiseline, a što u konačnici rezultira užeglim okusom i mirisom mesa. Osjetljivost fosfolipida prema oksidaciji je posljedica njihovog visokog sadržaja nezasićenih masnih kiselina (linoleinske i arahidonske), a prisutna je pri različitim temperaturama zamrzavanja i razdobljima skladištenja (Pikul i sur., 1985). Istraživanja su pokazala da se dodatkom antioksidanta značajno inhibiraju oksidacijske promjene u mesu (Pikul i sur., 1983; Batifoulier i sur., 2002). 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 zamrznutom mesu vrlo polagane, a očituju se oksidativnom užeglošću i lipolizom. 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).

U cilju što manjih oksidativnih promjena u mesu peradi važno je da se meso čim prije zamrzne na nižu temperaturu jer time nastaju manji kristali leda. Općenito, čimbenici koji utječu na početak i daljnji tijek oksidacije mesa su sadržaj i profil masnih kiselina, stupanj procesuiranja mesa, prisutnost antioksidanata te uvjeti skladištenja kao što su temperatura i vrijeme pohrane mesa, prisutnost svjetlosti i način pakiranja (Smet i sur., 2008; Racanicci i sur., 2008).

Za stupanj oksidacije masti u zamrznutom mesu značajni su smanjenje temperature koje usporava kemijske reakcije i koncentriranje reaktanata u preostaloj slobodnoj vodi čime se reakcije ubrzavaju. Oksidacija masti prestaje pri  $-30^{\circ}\text{C}$  kada je većina vode zamrznuta, a najbrža je na temperaturama od  $-2^{\circ}\text{C}$  do  $-4^{\circ}\text{C}$  kada je dio vode zamrznut, a enzimaska aktivnost visoka. Brzi nastanak užeglosti može se očekivati tijekom pohrane u zamrzivačima u domaćinstvima na  $-6^{\circ}\text{C}$ , odnosno  $-12^{\circ}\text{C}$ . U kontroliranim i standardiziranim uvjetima, otpornost prema oksidaciji određuje se



stupnjem nezasićenosti (npr. govedina > bijelo pileće meso > tamno pileće meso). Oksidacija masti u zamrznutom 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, užeglost u zamrznutom mesu može nastati i zbog enzimatske lipolize, no taj proces nije toliko značajan kao oksidativna užeglost. Uključene su lipaze i fosfolipaze, čime se oslobađaju masne kiseline podložne oksidaciji (Varnam i Sutherland, 1995). Postupak zamrzavanja ima utjecaj na smanjenje kvalitete hrane. Niska temperatura usporava sve enzimatske reakcije. Na uobičajenoj temperaturi zamrzavanja 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 zamrznutom mesu ovisan je i o načinu pakiranja te antioksidacijskim tvarima prisutnima u mesu ili dodanima naknadno.

Ambalaža je važan čimbenik kvalitete zamrznutog mesa jer može usporiti procese oksidacije u samom mesu, spriječiti dehidraciju, zadržati hlapive spojeve arome, a utječe i na higijensku ispravnost proizvoda te može zaštititi proizvod od fizičkih oštećenja. Često korišteni plastični materijali koji se koriste za pakiranje mesa su polietilen visoke i niske gustoće / polipropilen, PVDC poli(viniliden-klorid)/ PVC poli (vinil klorid), EVOH etilen/vinil alkoholna plastika, poliamid (Nylon) i PET poli(etilen-tereftalat). Ovi materijali trebali bi imati određena svojstva: da ne propuštaju kisik, vlagu ni hlapive spojeve arome. Osim plastičnih materijala može se koristiti aluminijska i kartonska ambalaža. Aluminijska ambalaža pruža potpunu zaštitu jer, za razliku od plastične, predstavlja i dobru fizičku barijeru. Kartonska ambalaža je minimalna barijera za kisik, vlagu i hlapive spojeve arome, ali je dobra zaštita od fizičkog oštećenja zamrznute hrane. Zbog njihovih različitih svojstava ovi materijali se često koriste u kombinaciji.

## 1. 5. Mikroflora zamrznutog 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. Mikrobiološke promjene koje se očituju u pilećem mesu mogu se podijeliti u dvije skupine. Prvu čine nepatogeni mikroorganizmi koji uzrokuju promjene u mirisu i okusu, a enzimi pojedinih bakterija mogu mijenjati senzorička svojstva mesa. U drugu se ubrajaju patogeni mikroorganizmi, uzročnici oboljenja ljudi.

Mikroorganizmi koji najčešće kontaminiraju pileće meso mogu rasti na temperaturi hladnjaka (psihrotrofni mikroorganizmi). Izolirani su s površine pilećih trupova, ali i iz mesa, i to bakterije roda *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Micrococcus*, potom *Brochettrhic thermosphacta*, *Staphylococcus aureus*, gljivice i plijesni.

Inicijalna mikrobna flora značajno utječe na održivost pilećeg mesa, što upućuje na značenje kontrole procesa proizvodnje. Mnoga istraživanja pokazuju da osnovno značenje u nadzoru mesa peradi i dalje ima onečišćenje patogenim bakterijama, prije svega sa *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Staphylococcus* spp., *Listeria* spp., potom *Aeromonas* spp., *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* i *Clostridium perfringens* (Sučić i sur., 2010). Epidemiološki izvještaji u svijetu ukazuju i na 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 mikroflora peradi prenosi od primarne proizvodnje do proizvodnih linija, pa i dalje, naknadnom kontaminacijom.

U prilog tvrdnji da mikrobiološka ispravnost zamrznutog 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 zamrzavanja (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 zamrzavanja. Međutim, broj psihrotrofnih bakterija pokazivao je rast od 1 log nakon pohrane na temperaturama od -12 i -18°C kroz 7 dana. Broj salmonela na pozitivnim polovicama pilećih trupova iznosio je 1,5 log i njihov se broj nije osjetno mijenjao na drugim temperaturama pohrane.

Znanstvenici ukazuju na propuste u pohrani zamrznute piletine u maloprodaji u smislu previsokih temperatura. Pri temperaturi -5°C broj mikroorganizama kvarenja raste, dok se pri pohrani na -8 do -12°C ne mijenja značajno tijekom više od 12 mjeseci pohrane. Broj psihrotrofnih bakterija raste na višim temperaturama pohrane u zamrznutom stanju i nakon nekoliko mjeseci pohrane prati ih promjena senzoričkih 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 zamrznutih trupova peradi i taj se postotak nije mijenjao produžavanjem vremena zamrzavanja. Broj *Campylobacter* spp. i *Staphylococcus aureus* padao je snižavanjem temperature, posebice na -18°C. Autori zaključuju da zamrzavanje ili produženo vrijeme pohrane u zamrznutom stanju općenito smanjuje bakterijsku floru piletine, ali je ne čini slobodnom. U svojim daljnjim istraživanjima Aburuwaida i sur. (1996) 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 zamrznutom -18°C. Trupovi pohranjeni na -18°C zadržali su relativno visoka senzorna svojstva kroz 9 mjeseci pohrane, osim pojave opekline u 20% uzoraka. Broj mikroorganizama koji ukazuju na higijenu proizvodnje (koliformi) bio je relativno nizak, ali su utvrđene bakterije roda *Salmonella*, *Campylobacter jejuni* te koagulaza-pozitivni stafilokoki.

Značajno je da u zamrznutoj 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 indikativnim mikroorganizmima fekalne kontaminacije duboko zamrznute hrane. U istraživanju svojstava stafilokoka izoliranog iz pilećeg mesa, utvrđeno je da se njihova biokemijska svojstva ne mijenjaju ukoliko je meso podvrgnuto opetovanom zamrzavanju i odmrzavanju. Sposobnost preživljavanja bakterija u zamrznutim namirnicama ovisna je o nekoliko čimbenika: vrsti bakterije (gram-negativne ili pozitivne), bakterijskom soju, fazi rasta (eksponencijalna ili stacionarna faza), uvjetima rasta prije zamrzavanja, vrsti namirnice (riba, meso i dr.), temperaturi zamrzavanja, trajanju pohrane te uvjetima odmrzavanja.

Postupak konzerviranja mesa niskim temperaturama pridonosi produženju njegove održivosti 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). U zamrznutim namirnicama pa i u mesu opstaju različite vrste mikroorganizama poput virusa, bakterija, kvasaca, plijesni i protozoa. Veliku otpornost na zamrzavanje i uzastopni postupak zamrzavanja-odmrzavanja pokazuju i bakterijske spore, a isto vrijedi i za toksin bakterije *Cl. botulinum*. Lund (2000) i Archer (2004) ističu da su gram-negativne bakterije osjetljivije na zamrzavanje od gram-pozitivnih, no unatoč tome moguć je njihov nalaz u zamrznutom 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 zamrznutom mesu. Rizik od pojave kampilobakterioze ljudi preko zamrznutog mesa peradi u najmanju je ruku podjednak kao kod svježeg mesa. Zbog velikog javno-zdravstvenog 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 zamrznutom mesu brojlera te u zamrznutim uzorcima tijekom pohrane.

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, 1998). Većina istraživanja utjecaja niskih temperatura na salmonele u mesu peradi i drugim animalnim namirnicama pokazala su otpornost uzročnika na takve uvjete. Utvrđeno je isto tako da *Salmonella* Enteritidis pokazuje povećanu osjetljivost dodatkom nizona tijekom zamrzavanja mesa na -20°C, ali se ta osjetljivost izgubila nakon odmrzavanja.

Bakterije roda *Clostridium* poznate su po svojoj otpornosti na okolišne čimbenike pa tako i na postupke zamrzavanja mesa i drugih namirnica. Razinu kontaminacije s *C. perfringens* istraživali su Cakmak i sur. (2006) u zamrznutom usitnjenom mesu pilića i zamrznutom oblikovanom mesu. *C. perfringens* izoliran je iz 28 (70%) od 40 pretraženih uzoraka zamrznutog 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 zamrzavanja na ovu bakteriju ovisan je o supstratu koji se podvrgava zamrzavanju. Toksin bakterije *C. botulinum* podnosi postupke zamrzavanja i odmrzavanja bez gubitaka na toksičnosti. Općenito se smatra da su bakterijske spore izrazito otporne prema zamrzavanju.

*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. Smatra se da se enterotoksin ne može razgraditi kuhanjem kroz 20 - 60 minuta, dok ga postupak zamrzavanja ne inaktivira.

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 zamrzavanje, 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* ubikvitarna je bakterija trajno prisutna u okolišu, a izdvojena je iz brojnih vrsta namirnica i proizvodnih pogona. Općenito, nalaz bakterije *L. monocytogenes* čest je u mesu peradi i proizvodima.

Prema podacima iz literature za *L. monocytogenes* letalnija je temperatura od -18°C nego temperatura od -19,8°C ponavljanjem ciklusa zamrzavanja 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 20,6-24,1%.

## 1. 6. Štetan utjecaj produkata lipidne oksidacije na ljudsko zdravlje

Karcinogeneza je proces pretvorbe normalne stanice u malignu. To je složen proces, potaknut karcinogenima. Odvija se u tri stadija (inicijacija, promocija i progresija), koji se međusobno razlikuju na biološkoj i molekularnoj razini. Inicijacija je ireverzibilan proces koji započinje mutacijom u genomu stanice. U toj fazi dolazi do promjena molekulske strukture stanične DNA, a tvari ili fizikalne pojave koje mogu dovesti do takvih promjena (mutacija) se nazivaju mutagenima. Ukoliko mutacije dovode do nastanka tumora, te tvari nazivamo karcinogenima. Bitnu ulogu u karcinogenezi imaju i slobodni radikali, koji su primarni produkti oksidacije masti. Superoksidni anion i vodikov peroksid smatraju se „tumorskim inicijatorima“, njihova aktivnost temelji se na smanjenoj staničnoj antioksidacijskoj zaštiti.

Tijekom pohrane mesa u zamrznutom stanju, pripreme mesa, a i tijekom same probave, može doći do oksidacije lipida koja se povezuje s pojavom aterogeneze i karcinogeneze u organizmu. Malondialdehid je jedan od produkata lipidne peroksidacije koji mijenja LDL kolesterol u krvi. Takav promijenjeni LDL postaje prepoznatljiv makrofagima koji ga fagocitiraju i time uzrokuju tvorbu i akumulaciju pjenastih stanica, što dovodi do ateroskleroze. Malondialdehid također može uzrokovati mutagenezu DNA što se povezuje s pojavom karcinoma (Kolenc, 2010).

### 1. 7. Prednosti i nedostaci zamrzavanja

Prednosti zamrzavanja odnose se, kao i kod hlađenja, na inhibiciju životnih procesa mikroorganizama kvarenja na niskim temperaturama, iako je letalni učinak neznatan. Na temperaturi nižoj od -8 °C razmnožavanje većine mikroorganizama prestaje, a nakon podizanja temperature na prijašnje vrijednosti mikrobna se populacija obnavlja. Zamrzavanje ne uništava najčešće mikroorganizme kvarenja. Ne smije se zanemariti i činjenica da zamrznuto meso pri odmrzavanju izdašno odaje vodu i tako postaje izvrstan medij za rast bakterija. Pri tome treba misliti i na to da pH mišića koji tijekom zamrzavanja ostaje konstantan naglo pada nakon odmrzavanja, a potom naglo raste i tvori povoljne okolišne uvjete za razmnožavanje bakterija.

Stoga odabir načina zamrzavanja (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 zamrznutih proizvoda, a naročito s obzirom na činjenicu da se jednom odmrznuto meso ne smije ponovno zamrzavati.

Zamrzavanje nije postupak kojim se poboljšava kvaliteta ili mijenjaju osnovna svojstva mesa ili poboljšavaju senzorička svojstva pri konzumaciji. S nekim izuzecima (zamrzavanjem se može u pojedinim slučajevima osposobiti i uvjetno ispravno meso za ljudsku prehranu) zamrzavanje je način konzerviranja i kao takvo podložno tehnološkim limitima. Ne smije se zanemariti ni činjenica da se

sam postupak zamrzavanja mora odvijati u tehnološki besprijekornim uvjetima te da održavanje konstantne vlage i temperature u hladnjačama utječe na održivost zamrznutog mesa peradi.

Uvjeti koje meso mora zadovoljiti kako bi se zamrzavanjem sačuvala njegova senzorička svojstva nisu ni u kom slučaju specifični samo za postupke zamrzavanja, već su najvećim dijelom odraz dobre proizvodne prakse (Varnam i Sutherland, 1995):

- meso mora biti dobre kvalitete u pogledu mikrobiološke ispravnosti i kemijskog sastava,
- postupci koji prethode zamrzavanju moraju biti provedeni na način dobre proizvodne prakse,
- meso mora biti zamrznuto čim prije,
- ukoliko ne može biti zamrznuto na vrijeme, meso mora biti zaštićeno od kontaminacije i biti na hladnom kako bi se smanjila mogućnost mikrobnog rasta,
- zamrzavanje mora biti u skladu s unaprijed utvrđenim parametrima,
- zamrznuto meso mora biti pohranjeno na odgovarajućoj temperaturi kroz cijelo vrijeme pohrane.

Zamrzavanje može utjecati na promjenu senzoričkih svojstva, a čimbenici koji dovode do senzoričkih promjena zamrznutog mesa najčešće su neprikladno ili predugo skladištenje te nepravilni postupci zamrzavanja mesa. Stoga higijenska kvaliteta zamrznutog mesa definitivno ovisi o načinu i vremenu pohrane, načinu prijevoza i pravilnom čuvanju mesa u maloprodajnim centrima. Meso koje se stavlja u promet zamrznuto ima rok upotrebljivosti do kojeg treba biti potrošeno. Nakon isteka roka trajanja treba biti proglašeno štetim za zdravlje i neprikladnim za prehranu ljudi, izdvojeno iz prometa i neškodljivo uništeno. Posebna pažnja pridaje se čuvanju zamrznutog mesa pa propisane temperature čuvanja prema Pravilniku o higijeni hrane životinjskog porijekla (Anon., 2007b) iznose najviše  $-18^{\circ}\text{C}$  u mesu i proizvodima, a ovi se uvjeti moraju održavati tijekom skladištenja i prijevoza.

Prijevoz zamrznutog mesa je jedna od kritičnih točaka u očuvanju njegove higijenske kvalitete 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 čimbenika.

Treba istaknuti i činjenicu da postupci zamrzavanja u odgovarajućim znanstveno i stručno prihvaćenim uvjetima ne umanjuju bitno vrijednost i kvalitetu zamrznutog mesa. Ona je najčešće posljedica neodgovarajućih načina pohrane, primarno temperaturnih oscilacija i drugih mikroklimatskih čimbenika. Pogreške i odstupanja u pogledu slabih senzoričkih karakteristika zamrznutog mesa posljedica su i uzastopnih zamrzavanja i odmrzavanja što dovodi do gubitka sočnosti te mikrobioloških i drugih biokemijskih i fizikalno-kemijskih promjena. Uz sve navedeno na kvalitetu zamrznutog mesa značajno utječe i postupak odmrzavanja koji često može dovesti do bitnih senzoričkih odstupanja i gubitka nutritivne vrijednosti.

Neophodno je obaviti dodatna istraživanja kako bi se istražili biokemijski i mikrobiološki procesi koji nastaju tijekom dugotrajnog zamrzavanja mesa pura i pilića.

Čak i u najboljim uvjetima skladištenja ne preporuča se skladištenje zamrznutog mesa peradi iznad godinu dana. Produženje vremena skladištenja postiže se snižavanjem temperature što također usporava kemijske promjene, uglavnom oksidacijsku užeglost koja rezultira pojavom neugodnog mirisa. Ostale promjene su rezultat denaturacije bjelancevina koja uzrokuje promjene teksture mesa. Općenito, netaknuti trupovi zaklane peradi i njihovi glavni dijelovi ostat će prihvatljivi 12 mjeseci, ako su dobro pakirani i držani na temperaturi od  $-18^{\circ}\text{C}$ .

#### **1. 8. Skladištenje zamrznutog mesa i proizvoda od mesa peradi**

Perad i peradski proizvodi relativno dobro podnose tretmane zamrzavanja pa se razina kvalitete u trenutku zamrzavanja može održavati sve dok su proces zamrzavanja i uvjeti skladištenja adekvatni. Istraživanje kvalitete mesa zamrznute peradi općenito pokazuje da temperatura skladištenja od  $-18^{\circ}\text{C}$  ili manje dovodi do mogućnosti smanjenja kvalitete na najmanju mjeru, ako su proizvodi dobro pakirani i fluktuacije temperature minimalne.

Unutar raspona od -10 do -30°C, snižavanje temperature za 10°C u pohrani udvostručava se ili trostručava broj dana tijekom kojih meso brojlera zadržava svoju stabilnost i prihvatljivost. Pohrana treba biti na -18°C ili manjoj uz uporabu prikladne visoko-barijerne ambalaže s minimalnim kolebanjima temperature tijekom perioda pohrane.

## 2. ZAKLJUČAK

Ističemo još jednom da prema odredbama Zakona o hrani (Anon., 2007c) nije dopušteno stavljati na tržište zdravstveno neispravnu hranu, bilo da je štetna po ljudsko zdravlje ili neprikladna za prehranu ljudi. Također, važno je napomenuti da se pri odlučivanju je li neka hrana zdravstveno neispravna, razmatraju uobičajeni uvjeti uporabe hrane od strane potrošača kao i uvjeti u svakoj fazi proizvodnje, prerade i distribucije, a posebice informacije koje su dane potrošaču, uključujući podatke na deklaraciji. Hrana je štetna za zdravlje ljudi kada postoje mogući izravni, kratkoročni i/ili dugoročni štetni učinci hrane na zdravlje konzumenta, ali i učinci na buduće generacije. Jednako je značajno i moguće kumulativno toksično djelovanje i zdravstvena osjetljivost specifične kategorije potrošača kojoj je hrana namijenjena. Ako kontrolna tijela odlučuju o tome je li neka hrana neprikladna za prehranu ljudi, treba uzeti u obzir je li hrana neprihvatljiva za uporabu kojoj je namijenjena zbog njezine kontaminacije vanjskim uzročnikom ili na neki drugi način, zbog truljenja, kvarenja ili raspadanja.

Izuzetnu odgovornost pri proizvodnji hrane zakonodavac daje subjektima u proizvodnji hrane koji u svakom trenutku moraju dokazati kontrolnim tijelima i inspekcijskim službama da hrana koju stavljaju na tržište udovoljava propisima o hrani koji su od važnosti za njihovo poslovanje. Subjekt u poslovanju s hranom (SPH) mora uspostaviti i provoditi redovite kontrole higijenskih uvjeta u svim fazama proizvodnje, prerade i distribucije hrane. Preventivni postupci samokontrole, primjena HACCP-a, provjeravani su kroz sustav službenih kontrola detaljno opisanih u Pravilniku o higijeni hrane i Pravilniku o higijeni hrane životinjskog podrijetla (Anon., 2007a; Anon., 2007b). Podaci o lancu

prehrane sadrže sve relevantne podatke o statusu gospodarstva podrijetla životinja, njihovom zdravstvenom stanju i veterinarskim lijekovima i veterinarsko-medicinskim proizvodima kojima su životinje liječene. Potom, značajni su podaci o pojavi bolesti koje mogu utjecati na zdravstvenu ispravnost mesa, kao i rezultati analiza obavljenih na svim uzorcima uzimanim u svrhu dijagnosticiranja bolesti koje mogu utjecati na zdravstvenu ispravnost mesa, ali i onih u okviru monitoringa i kontrole zoonoza i rezidua. Odgovarajuća izvješća o ranijim pregledima životinja s istog gospodarstva podrijetla, uključujući posebno izvješća službenoga veterinara kao i podatke o proizvodnji, koji bi mogli ukazivati na prisutnost bolesti, daju cjelovitost podataka o lancu prehrane.

SPH koji dovozi žive životinje u klaonicu, mora s njima postupati u skladu s dobrobiti. Također moraju biti ispunjeni uvjeti u pogledu izgradnje, uređenja i opreme klaonice peradi i za rasjekavaonice za koje je također odgovoran SPH. Pravila higijene klanja te tijekom i nakon rasijecanja moraju biti poštivana.

Pravilnikom o službenim kontrolama hrane životinjskog podrijetla (Anon., 2007b) specificirani su postupci kontrole od strane službenih veterinara, kao i uloga SPH. Propisan je način *ante mortem* pregleda peradi na gospodarstvu i prije klanja te *post mortem* pregled mesa i organa. Time bi trebali biti zaokruženi svi postupci kojima se osigurava i provjerava jesu li zadovoljeni svi potrebni uvjeti da bi SPH meso peradi koje stavljaju na tržište mogli deklarirati zdravstveno ispravnim. Samo meso proizvedeno u takvim uvjetima smije se zamrzavati. **S obzirom na navedeno, preporučamo brzi način zamrzavanja mesa peradi, godinu dana kao maksimalno vrijeme skladištenja zamrznutih trupova peradi, devet mjeseci za konfekcionirano meso, tri do četiri mjeseca za zamrznute toplinski neobrađene iznutrice te četiri mjeseca za toplinski obrađeno meso peradi i to zapakirano u ambalažu koja ne propušta kisik i vlagu. Izvan navedenih uvjeta meso peradi je narušene kvalitete. Pri skladištenju u zamrznutom stanju, bitno je održavati temperaturu konstantnom ili bar bez većih kolebanja jer u protivnom može doći i do narušavanja zdravstvene ispravnosti mesa.**

### 3. PREPORUKE

U svrhu prilagođavanja analitičkih metoda za određivanje oksidacije masti u mesu peradi, ali i ostalim vrstama mesa, kao što je TBA, radna grupa predlaže provođenje studije u Republici Hrvatskoj čiji bi se rezultati iskoristili za dopunu ovog mišljenja. Studija bi predstavljala osnovu za utvrđivanje metodologija procjene kvalitete zamrznutog mesa u odnosu na senzoričke promjene i rezultate kemijskih analiza.

### LITERATURA (REFERENCE)

- Aburuwaida, A.S., Sawaya, W.N., Dashti, B.H., Baroon, Z.H., Alothman, H.A. (1996) Microbiological shelf-life and quality of frozen broiler chickens stored under simulated market temperatures. *Fleischwirtschaft* 76 (8), 827-830.
- Ahn, D.U., Sell, J.L., Jo, C., Chen, X., Wu, C., Lee, J.I. (1998) Effects of dietary vitamin E supplementation on lipid oxidation and volatiles content of irradiated, cooked turkey meat patties with different packaging. *Poult. Sci.* 77, 912-920.
- Alvarado, C.Z., Sams, A.R. (2002) The role of carcass chilling rate in the development of pale, exudative turkey pectoralis. *Poult.Sci.* 81, 1365-1370.
- Anonimno (2007a) Pravilnik o higijeni hrane (NN 99/2007).
- Anonimno (2007b) Pravilnikom o higijeni hrane životinjskog podrijetla (NN 99/07).
- Anonimno (2007c) Zakon o hrani (NN 46/07).
- Archer, D. L. (2004) Freezing: an underutilized food safety technology? *Int. J. Food Microbiol.* 90, 127–138.
- Asghar, A., Gray, J.L., Buckley, A.M., Pearson, A.M., Booren, A.M. (1988) Perspectives on warmed-over-flavor. *Food Technol.* 42, 102-108.

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

Bailey, M.E., Dupuy, H.P., Legendre, M.G. (1980) Undesirable meat flavor and its control. Page 31. In: *The Analysis and Control of Less Desirable Flavors in Foods and Beverages*. G. Charalambous, ed. Academic Press, Inc., New York, SAD.

Barbut, S. (1993) Colour measurement for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. *Food Res. Int.* 26, 39-43.

Bartov, I., Bornstein, S. (1981) Stability of abdominal fat and meat of broilers: Combined effect of dietary vitamin E and synthetic antioxidants. *Poultry Sci.* 60, 1840–1845.

Batifoulier, F., Mercier, Y., Gatellier, P., Renerre, M. (2002) Influence of vitamin E on lipid and protein oxidation induced by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-activated MetMb in microsomal membranes from turkey meat. *Meat Sci.* 61, 389-395.

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.

Bilgili, S. F. (1992) Electrical stunning of broilers—basic concepts and carcass quality implications: a review. *J. Appl. Poult. Res.* 1, 135–146.

Buckley, D.J., Morrissey, P.A., Gray, J.I. (1995) Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J. Anim. Sci.* 71, 3122–3130.

Cakmak, O., Ormanci, F.S.B., Tayfur, M., Erol, I. (2006) Presence and contamination level of *Clostridium perfringens* in raw frozen ground poultry and poultry burgers. *Turkish J. Vet. Anim. Sci.* 30, 101-105.

Decker, E.A., Xiong, Y.L., Calvert, J.T., Crum, A.D., Blanchard, S.P. (1993) Chemical, physical and functional properties of oxidized turkey white muscle myofibrillar proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 186-189.

Dickens, J.A., and Lyon, C.E. (1993) Effect of two stunning voltages on blood loss and objective texture of meat deboned at various time post-mortem. *Poultry Sci.* 72, 589–593.

Einerson, M.A., Reineccius, G.A. (1977) Inhibition of warmed-over flavor in retorted turkey by antioxidants formed during processing. *J. Food Proc. Pres.* 1, 279–291.

El-Kest, S.E., Marth, E.H. (1992) Freezing of *Listeria monocytogenes* and other microorganisms: a review. *J. Food Prot.* 55, 639– 648.

Fries, R. (2002) Reducing Salmonella transfer during industrial poultry meat production. *World Poultry Sci J* 58, 527-540

Froning, G.W., Babji, A.S., Mather, F.B. (1978) The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. *Poultry Sci.* 57, 630-633.

Frozen Food Processing and Packaging. (Da-Wen, ured.), Sun Taylor & Francis Group, Boca Raton, str. 615-640.

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.

Govaris, A., Botsoglou, E., Florou-Paneri, P., Moulas, A., Papageorgiou, G. (2005) Dietary supplementation of oregano essential oil and  $\alpha$ -tocopherol acetate on microbial growth and lipid oxidation of turkey breast fillets during storage. *Int. J. Poult. Sci.* 4(12), 969-975.

Govaris, A., Botsoglou, N., Papageorgiou, G., Botsoglou, E., Amvrosiadis, I. (2004) Dietary versus post-mortem use of oregano-oil and/or  $\alpha$ -tocopherol in turkeys to inhibit development of lipid oxidation in meat during refrigerated storage. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 55, 115-123.

Gracey, J., Collins, D.S., Huey, R. (1999) Meat hygiene. Tenth edition. W.B. Saunders Company Ltd.

- Gray, J. I. (1978) Measurement of lipid oxidation. A review. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 55, 539–546.
- Gregory, N. G., Wilkins, L.J. (1993) Cause of downgrades. *Broiler Ind.* 56(4):42–45.
- Gudbjörnsdóttir, B., Suihko, M.L., Gustavsson, P., Thorkelsson, G., Salo, S., Sjöberg, A.M., Niclasen, O., Bredholt, S. (2004) The incidence of *Listeria monocytogenes* in meat, poultry and seafood plants in the Nordic countries. *Food Microbiol.* 21, 217–225.
- Has-Schön E., Škrtić, Z., Kralik, G. (2008) Beneficial effects of different dietary oils on cholesterol level and fatty acids profile of turkey pectoral muscle. *Italian J. of Animal Sci.*, 7(2), 161-171.
- Igene, J. O., King, J. A., Pearson, A.M., Gray, J.I. (1979) Influence of heme pigments, nitrite, and nonheme iron in development of warmed over flavor in cooked meat. *J. Agric. Food Chem.* 27, 838–842.
- Jantawat, P., Dawson, L.E. (1980) Effect of inert gas and vacuum packaging on storage stability of mechanically deboned poultry meats. *Poult. Sci.* 59, 1053–1058.
- Kim, J. W., Fletcher, D.L., Campion, D.R. (1988) Research note: effect of electrical stunning and hot boning on broiler breast meat characteristics. *Poultry Sci.* 67, 674–676.
- Kolenc, D. (2010) Imunohistokemijska koekspresija 4-hidroksinonenala i prominina-1 u glijalnim tumorima mozga. Doktorska disertacija, Medicinski fakultet Sveučilište u Zagrebu.
- Krochta, J.M. (2006) Introduction to Frozen Food Packaging. U: Handbook of
- Ladikos, D., Lougovois, V. (1990) Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chem.* 35, 295–314.
- Lee, Y. B., Hargus, G. L., Webb, J. E., Rickansrud, D. A., Hagberg, E.C. (1979) Effect of electrical stimulation on postmortem biochemical changes and tenderness in broiler breast muscle. *J. Food Sci.* 44, 1121–1122.
- Liu, Q., Lanari, M.C., Schaefer, D.M. (1995) A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *J. Anim. Sci.* 73, 3131–3140.
- 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 Int.* 9, 575-610.
- McKee, S.R., Sams, A.R. (1998) Rigor mortis development at elevated temperatures induces pale exudative turkey meat characteristics. *Poultry Sci.* 77, 169-174.
- Mioković, B., Njari, B., Kozačinski, L., Zdolec, N. (2004) Utjecaj postupaka uzorkovanja na mikrobiološku ispravnost namirnica animalnog porijekla. *Meso* 4 (6), 46-49.
- Mitchell, M. A., Kettlewell, P.J., Maxwell, M.H. (1992) Indicators of physiological stress in broiler chickens during road transportation. *Animal Welf.* 2, 91–103.
- Mitchell, M. A., Sandercock, D.A. (1995) Creatine kinase isoenzyme profiles in the plasma of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Res. Vet. Sci.* 59, 30–34.
- Molette, C., Remignon, H. Babile, R. (2005) Modification of glycolyzing enzymes lower meat quality of turkey. *Poult. Sci.* 84, 119-227.
- Moore, J.E., Wilson, T.S., Wareing, D.R.A., Humphrey, T.J. , Murphy, P.G. (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.
- Murphy, B. S., Hasiak, R.J., Sebranek, J.G. (1988) Effect of antemortem electrical stunning on functional properties of turkey muscle. *Poult. Sci.* 67, 1062–1068.
- Ockeman, H.W. (1985) *Quality Control of PostMortem Muscle Tissue*. Vol. 1. The Ohio State University, Columbus, Ohio.
- Owens, C.M., Sams, A.R. (2000) The influence of transportation on turkey meat quality. *Poult. Sci.* 79, 1204-1207.



Pettersen, M.K., Mielnik, M.B., Eie, T., Skrede, G., Nilsson, A. (2004) Lipid oxidation in frozen, mechanically deboned turkey meat as affected by packaging parameters and storage conditions. *Poult. Sci.* 83, 1240-1248.

Pietrzak, M., Greaser, M.L., Sosnicki, A.A. (1997) Effect of rapid rigor mortis processes on protein functionality in Pectoralis major muscle of domestic turkeys. *J. Anim. Sci.* 75, 2106–2116.

Pikul, J., Leszczynski, D.E., Kummerow, F.A. (1985) Oxidation products in chicken meat after frozen storage, microwave and convection oven cooking, refrigerated storage, and reheating. *Poult. Sci.*, 64, 93-100.

Pikul, J., Niewiarowicz, A., Kijowski, J. (1983) Influence of antioxidants on stability of mechanically deboned, frozen poultry meat. *Fleischwirtschaft* 63, 960-964.

Racanicci, A.M.C., Menten, J.F.M., Ragitano d'Acre, M.A.B., Torres, E.A.F.S., Pino, L.M., Pedroso, A.A. (2008) Dietary oxidized poultry offal fat: Broiler performance and oxidative stability of thigh meat during storage. *Brazilian J. Poult. Sci.*, 10, 29-35.

Santos C., Roserio, L.C., Goncalves, H., Melo, R.S. (1994) Incidence of different pork quality categories in a Portuguese slaughterhouse: A survey. *Meat Sci.* 38, 279-287.

Sheldon, B.W., Curtis, P.A., Dawson, P.L., Ferket P.R. (1997) Effect of dietary vitamin E on the oxidative stability, flavor, color, and volatile profiles of refrigerated and frozen turkey breast meat. *Poult. Sci.* 76, 634-641.

Smet, K., Raes, K., Huyghebaert, G., Haak, L., Arnouts, S., De Smet, S. (2008) Lipid and protein oxidation of broiler meat as influenced by dietary natural antioxidant supplementation. *Poult. Sci.*, 87, 1682-1688.

Soyer, A., Özalp, B., Dalmiş, Ü., Bilgin, V. (2010) Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chem*, 120, 1025-1030.

Sučić, R., Cvrtić, Ž., Njari, B., Kozačinski, L. (2010) Senzorne, kemijske i mikrobiološke promjene u zamrznutom mesu peradi. *Meso XII* (6), 348-357.

Škrtić Z., G.Kralik, D.Hanžek (2005) The influence of different fat sources on fattening of turkeys and composition of fatty acids in breast muscles. *Italian Journal of Anim. Sci*, 4 (3), 91-94.

Thomson, J. E., Lyon, C. E., Hamm, D., Dickens, J.A., Fletcher, D.L. i Shackelford, A.D. (1986) Effects of electrical stunning and hot deboning on broiler breast meat quality. *Poult. Sci.* 66, 1158–1167.

Uebersax, M. A., Dawson, L. E., Uebersax, K. L. (1978) Evaluation of various mixing stresses on storage stability (TBA) and color of mechanically deboned turkey meat. *Poult. Sci.* 57, 924–929.

US Department of Agriculture. Food Safety and Inspection Service. 2010. Freezing and Food Safety. <[www.fsis.usda.gov](http://www.fsis.usda.gov)>. Pristupljeno: 17.veljače 2011.

Varnam, A., Sutherland, J.M. (1995) *Meat and products – technology, chemistry and microbiology*. Vol. 3, Chapman Hall. London.

Wabeck, C. (1987) How stunning affects product quality. *Turkey World* 63(4),34–38.

Warriss, P.D., Brown, S.N. (1987) The relationship between initial pH, reflectance and exudation on pig muscle. *Meat Sci.* 20, 65-74.

Younathan, M. T., Marjam, Z. M., Arshad, F. B. (1980) Oxidative rancidity in stored ground turkey and beef. *J. Food Sci.* 45, 275–278.

Živković, J. (1986) *Higijena i tehnologija mesa. Kakvoća i prerada*. Tipografija “Đakovo”.

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.