

# Utjecaj hlađenja i zamrzavanja na kakvoću i mikrofloru mesa

Željka Cvrtila<sup>1</sup>, Vesna Dobranić<sup>1</sup>

## Sažetak

Hlađenje i zamrzavanje mesa kao metode konzerviranja imaju brojne prednosti u očuvanju svojstava mesa čiji kemijski sastav karakteriziraju visokovrijedne bjelančevine, minerali i vitamini B kompleksa. U usporedbi s ostalim postupcima konzerviranja, hlađenjem i zamrzavanjem se najbolje očuvaju nutritivno vrijedni sastojci mesa. Kakvoća tako konzerviranog mesa prvenstveno ovisi o brzini i temperaturi postupka hlađenja i zamrzavanja, te o kristalima leda koji nastaju tijekom zamrzavanja, njihovom položaju i veličini. Higijenska kakvoća ohlađenog i zamrznutog mesa ovisi prije svega o mikroflori sirovine, ali i o načinu i vremenu pohrane, načinu prijevoza i pravilnom čuvanju mesa u velikoprodajnim i maloprodajnim centrima. U radu se raspravlja o učincima hlađenja i zamrzavanja na kakvoću i mikrofloru mesa.

**Ključne riječi:** hlađenje mesa, zamrzavanje mesa, kakvoća mesa, mikroflora mesa

## Uvod

Znanstvena su istraživanja danas usmjerena na proučavanje pozitivnih učinaka i unaprjeđivanje tehnoloških procesa proizvodnje s ciljem očuvanja održivosti hrane. U tom smislu hlađenje i zamrzavanje mesa imaju značajnu ulogu. Zamrzavanje mesa ima dugu povijest, a smatra se da prvi, moderni pokušaji zamrzavanja mesa potječu još iz 1861. godine i vezani su uz Australiju. Unatoč činjenici da zamrznuto meso izgledom i osobitostima okusa ne zaostaje za svježim mesom, potrošači su zamrznuto meso percipirali kao meso smanjene nutritivne vrijednosti. Tako je još 1986. godine čak 24% ispitanika u anketi o potrošnji govedine smatralo da će zamrzavanje utjecati na njezinu kakvoću (Encyclopaedia Britannica, 1998.).

S druge strane, zamrzavanje je prihvaćeno kao postupak konzerviranja mesa koji ima i svoju

praktičnu ulogu, odnosno omogućava pohranu mesa kroz duži vremenski period (Pietrasik i Janz, 2009.). Danas je meso koje se koristi za industrijsku preradu najčešće zamrznuto u četvrtima ili kao otkoštено i konfekcionirano meso, pakirano u kartonima od 25 kg. U tom je smislu važno unaprijediti postupke kojima je moguće očuvati meso, bilo svježe bilo zamrznuto u što izvornijem obliku, s dobrim nutritivnim svojstvima i uz što manje nepoželjnih senzornih promjena (Leygoniei sur., 2012.). Važno je odabrati odgovarajuće postupke i optimirati procesne uvjete kako bi do potrošača meso bilo dopremljeno u stanju visoke kvalitete, pa su u tom smjeru okrenuta i istraživanja kako bi se utvrdili učinci čimbenika koji sudjeluju u procesu zamrzavanja na kvalitetu mesa (Vieira i sur., 2009.). Cilj ovog rada je, u odnosu na dosadašnje spoznaje

<sup>1</sup> dr. sc. Željka Cvrtila, redoviti profesor; dr. sc. Vesna Dobranić, redoviti profesor; Zavod za higijenu, tehnologiju i sigurnost hrane, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Heinzelova 55, 10000 Zagreb  
Autor za korespondenciju: zcvrtila@vef.hr

o postupcima hlađenja i zamrzavanja, ukazati na njihov utjecaj na kakvoću i mikrofloru mesa.

## Hlađenje mesa

Temperatura mišića neposredno nakon klanja životinje je oko 38 °C, a toplina koja se oslobađa u egzotermnim reakcijama post mortem povećava temperaturu u dubini mesa za 1 do 2 °C. Temperatura pohrane je osnovni činitelj koji definira brzinu enzimskih, kemijskih i fizikalnih promjena u mesu. Snižavanjem temperature za svakih 10 °C brzina enzimskih reakcija se smanjuje za oko dva puta te se tako smanjuje intenzitet postmortalnih promjena u mišićima. Također, usporava se ili zaustavlja razmnožavanje mikroorganizama. Sve se to temelji na činjenici da se snižavanjem temperature slobodna voda iz mesa pretvara u led te se posljedično smanjuje njezina mogućnost sudjelovanja u reakcijama. Temperatura nakon hlađenja u dubini mesa goveda, svinja, ovaca i kopitara treba biti niža od 7 °C, u dubini mesa peradi i kunića niža od 4 °C a u unutrašnjim organima, krvi i krvnoj plazmi niža od 3 °C (Savell i sur., 2005.; Kozačinski i sur., 2016.).

## Postupci hlađenja mesa

Meso se u polovicama ili trupovima hladi rashlađenim zrakom, a može se hladiti i u parama kriogenih sredstava. U ovisnosti o brzini hlađenja razlikujemo spori, brzi i ultrabrzi postupak. Spori način hlađenja zadržao se jedino u domaćinstvima a u industrijskim pogonima meso se hladi brzim i ultrabrzim postupcima. Pri hlađenju se trupovi, polovice i četvrti ne smiju dodirivati a hladan zrak mora ravnomjerno strujati oko njih. Hlađenje svinjskog mesa je brže kada se sa polovica skine potkožno masno tkivo. Važno je napomenuti da količina mesa u hladnjači ima važnu ulogu za učinkovito i racionalno hlađenje (Oluški, 1973.; Honikel, 2002.). Hlađenje je završeno kada je temperatura u svim dijelovima mesa najviše 7 °C, odnosno u iznutricama najviše 3 °C. Svi zahtjevi vezani uz te postupke određeni su odredbama propisa (Uredba 853/2004). *Sporo hlađenje mesa* odvija se u tri faze. U prvoj fazi polovice se cijede a njihova površina se malo sasušuje. Potom se hlade u prethladnjači na temperaturu od oko 15 °C, a u trećoj fazi hlade se na temperaturu od 4 °C pri relativnoj vlažnosti zraka od 85 do 90%. Kalo hlađenja iznosi oko 3% (Omanović i sur., 2013.).

U postupku *brzog hlađenja* u usporedbi sa sporim

hlađenjem, temperatura mesa se brže snižava, kalo hlađenja je manji (1,5 do 2,0%), boja mesa je stabilnija a održivost mesa bolja. *Ultrabrzo hlađenje* odvija se u dvije faze i to kontinuirano u tunelima, do temperature površine mesa od 1 °C kako bi se spriječilo zamrzavanje površine trupa koje nepovoljno utječe na kakvoću mesa. Cilj ultrabrzog hlađenja je vrlo brzo spuštanje temperature površine mesa, kako bi eventualno prisutni mikroorganizmi bili inhibirani u lag-fazi, a isparavanje vlage se svelo na minimum što ima kao posljedicu dobru održivost i privlačnu boju mesa. Kalo hlađenja manji je od 1,0 %. Međutim, troškovi ultrabrzog u odnosu na brzo hlađenje su veći uslijed velike potrošnje energije, što se kompenzira kraćim trajanjem postupka i manjim kalom. Ultrabrzo hlađenje može utjecati nepovoljno na kakvoću mesa mladih ovaca i goveda ako se u njihovoj muskulaturi razvije snažna kontrakcija (tzv. rigor hlađenja) jer u njihovom mesu prevladavaju crvena mišićna vlakna u kojima je postmortalna glikoliza mnogo brža, odnosno brži je pad pH *post mortem*. Brzo hlađenje mišićja može biti usporeno, posebice kada je riječ o trupovima svinja koji imaju više potkožnog masnog tkiva (Honikel, 1998.; Farouk i sur., 2004.).

Optimalna temperatura skladištenja ohlađenog mesa je pri temperaturi od -1 do 2 °C. Na višoj temperaturi bakterije se brže razmnožavaju, a vlaga jače isparava što ima za posljedicu manju održivost, veći kalo i diskoloraciju mesa. Održivost ohlađenog mesa zavisi od stupnja kontaminacije mikroorganizmima, brzine hlađenja, temperature te stupnja rasijecanja i usitnjavanja mesa. Rasijecanjem trupova i polovica na manje komade, a posebno usitnjavanjem moguće je čiste površine mesa kontaminirati te time smanjiti njegovu održivost (Živković, 1986.). Dobra proizvodna praksa osnovni je uvjet održivosti mesa a postiže se higijenskim načinom rada tijekom klanja i rasijecanja te primjenom brzih i ultrabrzih metoda hlađenja. Održivost mesa općenito se određuje izgledom, teksturom, okusom, bojom, mikrobnom aktivnošću i nutritivnom vrijednošću (McMillin, 2008.) pri čemu je okus najteže izmjeriti i definirati jer spojevi koji su sastojci arome mogu potjecati od lipidnih i peptidnih komponenti u mišićima ili mesu (Spanier, 1992.).

## Zamrzavanje mesa

Zamrzavanje mesa kao metoda konzerviranja ima velike prednosti u očuvanju svojstava

mesa. Zamrzavanjem se smatra konzerviranje na temperaturama nižim od točke zamrzavanja vode pri čemu se u mesu postiže temperatura niža od  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . U takvim uvjetima se smanjuje aktivnost mikro-organizama i usporavaju enzimatske aktivnosti pa se zaustavljaju i procesi kvarenja hrane. Voda u mesu počinje se zamrzavati pri temperaturi od  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a u masnom tkivu pri  $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Prilikom zamrzavanja nastaju kristali leda koji su izgrađeni od velikog broja molekula vode, povezanih jakim vodikovim vezama i svojom pravilnom strukturom podsjećaju na kristalnu rešetku mineralnih soli. Nezamrznutu vodu čine jednim dijelom voda koja nije kemijski vezana za bjelančevine, a drugim dijelom voda u kojoj su koncentrirane topive tvari zbog čega su sniženi krioskopska točka i aktivnost vode zamrznutog mesa (Varnam i Sutherland, 1995.; Gill, 2002.).

Brzina zamrzavanja (debljina zamrznutog sloja mesa u centrimetrima u vremenu od jednog sata) ovisi o temperaturi i brzini strujanja zraka te o masi i građi mesa, posebno količini masnog tkiva koje slabije provodi toplinu. Pri nižoj temperaturi i bržem strujanju zraka veća je brzina zamrzavanja mesa. Meso ima relativno veliki toplinski kapacitet i malu toplinsku provodljivost. Zbog toga kao i uslijed razlika u građi i sastavu, kristalizacija vode se ne odvija istom brzinom u svim dijelovima ohlađenog mesa. Kristali leda nastaju prvo u izvanstaničnoj tekućini koja sadrži manje otopljenih tvari, a zatim u vodi mišićnih stanica. Veličina i broj kristala i njihov položaj u mesu ovise u prvom redu o brzini zamrzavanja. Pri sporijem zamrzavanju mesa stvara se manji broj centara kristalizacije, kristali leda privlače vodu i to ne samo iz međustaničnih prostora već i iz mišićnih vlakana pa rastu i postaju krupniji. Pri bržem zamrzavanju mesa formira se veći broj centara kristalizacije u međustaničnim prostorima i u mišićnim vlaknima, a zbog kraćeg perioda kristalizacije, kristali leda slabije privlače vodu i ostaju manji (Barbut i Mittal, 1990.). Usporedno s kristalizacijom vode zbivaju se i drugi fizikalno – kemijski procesi. Osmoza i difuzija su najvažnije za kakvoću zamrznutog mesa. Tijekom sporog zamrzavanja voda kristalizira u međustaničnim prostorima i tako se narušava ravnoteža između staničnog i izvanstaničnog prostora a difuzija vode iz unutrašnjosti stanice u izvanstanične prostore pridonosi stvaranju većih kristala. Pravilno vođena tehnološka operacija zamrzavanja zapravo ima za cilj smanjiti učinke osmoze i difuzije jer time djelujemo na zadržavanje senzornih svojstava mesa. Samo pri ultrabrzom

zamrzavanju mesa nastaju vrlo sitni i mnogobrojni kristali leda pretežno u mišićnim vlaknima. Prilikom zamrzavanja mesa prije postmortalnog rigora dok se voda nalazi u stanicama, kristalizacija počinje prvo u mišićnim vlaknima (Mackie, 1993).

Optimalni proces zamrzavanja ovisi o vrsti i svojstvima gotovog proizvoda. Kako najdjelotvorniji način zamrzavanja mora očuvati kakvoću proizvoda važno je znati vrijeme zadržavanja proizvoda u sustavu zamrzavanja (Sahagian i Goff, 1996.). Tijekom zamrzavanja mesa najznačajnije promjene kemijskog sastava odnose se na bjelančevine i masti (Abdel-Kader, 1996.). Novija istraživanja ukazuju da se promjene u sastavu zamrzanog mesa mogu uočiti već nakon tri mjeseca (Soyer i sur., 2010). Zamrznuta hrana u konačnici značajno bolje čuva senzorna svojstva od one konzervirane hlađenjem. No svakako treba naglasiti da zamrzavanje ima i nedostatke, kao što su narušavanja teksture i konzistencije proizvoda radi stvaranja kristala leda.

Meso se može zamrzavati s kostima (trupovi, polovice i četvrti) ili bez kostiju pri čemu je zamrzavanje otkoštenog mesa ekonomičnije (ušteda energije i prostora). Meso upakirano u plastičnu i kartonsku ambalažu zaštićeno je od sublimacije i oksidacije i može se koristiti bez odmrzavanja. Meso zamrznuto s kostima mora se prije upotrebe odmrznuti i otkostiti, dok se otkošteno meso upotrebljava zamrznuto ili djelomično odmrznuto (Kovačević, 2001.).

Zamrznuto meso se skladišti na temperaturi koja je ostvarena u njemu prilikom zamrzavanja. Temperatura zamrznutog mesa je niža od  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  a može biti niža od  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  ili  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Za vrijeme skladištenja relativna vlažnost zraka treba biti vrlo visoka (95-100%), a cirkulacija slaba (0,1 m/s). Svaka promjena temperature za jedan stupanj Celzijusa uzrokuje rekristalizaciju, a niža vlažnost i jača cirkulacija zraka imaju kao posljedicu intenzivniju sublimaciju kristala leda s površine zamrznutog mesa. Zamrznute polovice, četvrti i trupovi goveda, svinja i ovaca kao i zamrznuto meso upakirano u kartonske kutije čuvaju se u skladištima, složeni na paletama pri odgovarajućoj temperaturi (Toldra, 2010.).

Održivost zamrznutog mesa ovisi o temperaturi, brzini zamrzavanja, vrsti i karakteristikama mesa te vrsti pakiranja. Meso zamrzavano na nižim temperaturama ima bolju održivost. Na mesu zamrznutom do temperature od  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  mogu se razviti plijesni i kvasci. Na mesu zamrznutom do

temperature od  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ne rastu mikroorganizmi ali je održivost tog mesa ipak ograničena uslijed oksidacije lipoida staničnih membrana i koagulacije bjelančevina. Duže je održivo meso zamrznuto brzim postupcima kao i meso zamrznuto bez prethodnog hlađenja. Meso mladih životinja manje je održivo od mesa zrelih životinja. Zamrznuto meso peradi, ovaca i svinja manje je održivo od zamrznutog goveđeg mesa prije svega zbog veće količine polinezasićenih masnih kiselina u staničnim membranama koje su podložnije oksidaciji. Bolja održivost zamrznutog mesa postiže se pakiranjem u plastične materijale i kartonsku ambalažu. Materijal za pakiranje štite mioglobini i lipoide od kisika i smanjuju intenzitet sublimacije kristala leda na površini zamrznutog mesa (Leygonie i sur., 2012.)

## Utjecaj zamrzavanja na kakvoću mesa

Zamrzavanjem se inhibiraju tkivni enzimi i izazivaju određene strukturne, fizikalne i kemijske promjene mesa. Kada se meso zamrzava prije postmortalnog rigora prestaju glikoliza i razlaganje ATP-a. Zamrzavanjem ohlađenog mesa zaustavlja se zrenje. Zamrznuto meso ima tvrdi konzistenciju. Pošto je volumen leda za oko 9% veći od volumena vode u istom omjeru je povećan volumen zamrznute vode u mesu. Kristali leda u međustaničnim prostorima i mišićnim vlaknima pritišću tkiva i izazivaju deformacije i oštećenja staničnih membrana i organela. Kada se prilikom zamrzavanja voda odvoji od površine membrana, kidaju se hidrofobne veze između lanaca masnih kiselina u unutrašnjosti membrana. Zamrzavanje samo usporava ali ne zaustavlja hidrolizu i oksidaciju lipida. Iako je oksidacija masnih kiselina na temperaturama zamrzavanja relativno spora, njezini efekti su vrlo značajni s obzirom na dužinu skladištenja zamrznutog mesa koje traje od 6 do 12, a ponekad i do 18 mjeseci. Na temperaturama zamrzavanja denaturiraju se bjelančevine mesa, pa doprinose povišenju koncentracije mineralnih tvari u nezamrznutom dijelu vode i snižavanju pH. Denaturacija se dešava kada se prilikom zamrzavanja odvoji voda od bjelančevina. To dovodi do kidanja vodikovih veza koje održavaju karakterističnu prostornu strukturu bjelančevina, molekule se raspliću i mijenja se njihova prirodna građa. Denaturacija je reverzibilnog karaktera i bjelančevine poprimaju svoju prirodnu strukturu kada vežu vodu u postupku odmrzavanja. Međutim, pri dužem ili neodgovarajućem skladištenju zamrznutog mesa

bjelančevine se ireverzibilno mijenjaju. Tada se između denaturiranih bjelančevina uspostavljaju nove vodikove veze ali i vrlo čvrsti disulfidni mostovi koji povezuju molekule bjelančevina u agregate. Što su denaturirane bjelančevine gušće i čvršće povezane u agregate slabije vezuju vodu prilikom odmrzavanja (Vuković, 2006.).

Tijekom skladištenja zamrznutog mesa kristali leda na površini postepeno sublimiraju i ono gubi na masi (kalo). Kalo je veći pri dužem skladištenju na nižoj relativnoj vlažnosti i pri jačoj cirkulaciji zraka. Kalo zamrznutog mesa skladištenog na temperaturi od  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  i relativnoj vlažnosti zraka od 95 do 100% je od 1,0 do 1,5% tijekom 12 mjeseci (Varnam i Sutherland, 1995.; Decker i sur., 1993.; Batifoulier i sur., 2002.).

Rekristalizacija zamrznutog mesa javlja se pri svakoj promjeni temperature skladištenja. Pri povišenju temperature otapaju se sitniji kristali leda, a voda migrira prema krupnijim kristalima koji rastu i postaju vidljivi golim okom, dok se na površini upakiranog mesa stvara inje. Rekristalizacija potiče denaturaciju bjelančevina i povećava kalo odmrzavanja. Užeglost zamrznutog mesa je česta pojava, a naročito dolazi do izražaja prilikom dužeg skladištenja. Posljedica je oksidacije masnih kiselina staničnih membrana mišićnog tkiva i izražena je pretežno na površini mesa koja je više izložena utjecaju kisika iz zraka. Užeglost prati oksidacija mioglobina i pojavljivanje sivosmeđe boje mesa. Opekotine od zamrzavanja (engl. Freezer burns) nastaju na površini zamrznutog mesa kao posljedica intenzivne sublimacije kristala leda. Pojava zahvaća manje površine na zamrznutom mesu u vidu jasno ograničenih područja sivkastosmeđe boje. Količina vode u takvom mesu je vrlo mala (samo 10 do 15%), bjelančevine su ireverzibilno promijenjene (koagulirane), a masne kiseline i pigmenti oksidirani i meso je užeglo (Živković, 1986.; Sučić i sur., 2010.).

## Promjene mikroflore mesa tijekom hlađenja i zamrzavanja

Mikrofloru ohlađenog mesa čine pretežno aerobne, gram-negativne, psihrotrofne i psihrofilne vrste bakterija, koje su najčešći uzroci kvarenja mesa. Na početku skladištenja ohlađenog mesa dominiraju vrste koje zahtijevaju veću aktivnost vode na nižim temperaturama, a na višim temperaturama bakterije porodice *Enterobacteriaceae*. Za

vrijeme skladištenja ohlađenog mesa površina se postepeno suši i u populaciji počinju dominirati mikroorganizmi koji rastu pri nižim aw-vrijednostima kao što su bacili, kvasci i plijesni. Kvarenje mesa u hladnjači očituje se kao promjena mirisa i drugih senzornih osobina mesa kao posljedice djelovanja produkata proteolize nastalih aktivnošću bakterijskih enzima. Tada je broj bakterija u mesu veći od 107 CFU/cm<sup>2</sup> (North i Lovatt, 2012.).

Mikroorganizmi se prestaju razmnožavati na temperaturama zamrzavanja i to psihofilne bakteri-

je pri temperaturu od -7 °C, kvasci pri -12 °C većina plijesni pri -15 °C a neke vrste i pri temperaturi od -18 °C. Psihofilne vrste plijesni i kvasaca (*Cladosporium*, *Aureobasidium* i *Penicillium*) razvijaju se za vrijeme skladištenja na zamrznutom mesu stvarajući micelij koji uzrokuju crne i zelene diskoloracije. Inhibicija plijesni i kvasaca na zamrznutom mesu zavisi kako od vrijednosti temperatura tako i od aw-vrijednosti koja opada zbog povišenja koncentracije mineralnih tvari u nezamrznutom dijelu vode (Carlez i sur., 1994.; Lagerstedt i sur., 2008.).

**Tablica 1.** Odnosi između temperature i aw zamrznutog mesa (Leistner i sur., 1981.)

**Table 1** The relationship between temperature and aw of frozen meat

°C	A <sub>w</sub>	°C	A <sub>w</sub>
-1	0,990	-15	0,864
-3	0,971	-20	0,823
-5	0,953	-25	0,784
-10	0,907	-30	0,746

Iako se većina mikroorganizama prestaje razmnožavati pri temperaturi od 0 °C određene vrste mogu rasti na nižim temperaturama. Temperatura na kojoj se inhibiraju mikroorganizmi u mesu ovisi o pH, aktivitetu vode i redoks potencijalu, zatim količini nitrita, soli i drugih čimbenika (James, 2002.). Ako su oni nepovoljni za rast, inhibicija se odvija na višim temperaturama. Pa se tako rast bakterije *Clostridium botulinum* tip A i B inhibira pri pH 7,0 na temperaturi od 10 °C, a pri pH 5,0 na temperaturi od 30 °C. Na temperaturama ohlađenog mesa od -1 do +7 °C inhibira se rast termofilnih i mezofilnih bakterija. Patogene bakterije pripadaju uglavnom mezofilima. Hlađenje mesa predstavlja jednu od najvažnijih mjera za sprečavanje alimentarnih intoksikacija i infekcija. Tipovi A i B *C. botulinum* i *Bacillus cereus* ne mogu se razmnožavati na temperaturama nižima od 10 °C, enterovirulentni tip bakterije *Escherichia coli* na temperaturama od 7 do 10 °C, *Salmonella* vrste na temperaturama nižima od 6 °C, a *Staphylococcus aureus* na temperaturama nižima od 5 °C. Među značajnim patogenim vrstama psihrotrofno se ponašaju neproteolitični tipovi B i E bakterije *C. botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes* i *Yersinia enterocolitica*. Mikrofloru

ohlađenog mesa čine pretežno aerobne, gram-negativne, psihrotrofne i psihofilne vrste bakterija, koje su najčešći uzroci kvarenja mesa. Na početku skladištenja ohlađenog mesa dominiraju bakterijske vrste koje zahtijevaju veću aktivnost vode na nižim temperaturama (asocijacija *Pseudomonas-Acinetobacter-Moraxella*), a na višim temperaturama vrste iz porodice *Enterobacteriaceae*, a potom kao što smo već naveli dominiraju kvasci i plijesni koji rastu pri nižim aw-vrijednostima. Tvrdno, suho i tamno meso kvare se ranije s manjim brojem bakterija na površini (>10<sup>5</sup>/cm<sup>2</sup>). Razlozi za to su viši pH mesa (pH>6,2) koji omogućava brži razvoj bakterija i mali sadržaj ili nedostatak ugljikohidrata uslijed čega bakterije počinju ranije razlagati bjelančevine mesa.

Mikrofloru mesa upakiranog u vakuumu čine gram-pozitivne mikroaerofilne psihrotrofne bakterije koje stvaraju mliječnu i druge organske kiseline kao što su *Lactobacillus*, *Leuconostoc* i *Carnobacterium*. Mikroflora mesa upakiranog u atmosferi zaštitnih plinova zavisi od koncentracije kisika. Pri niskoj koncentraciji kisika razvijaju se mikroaerofilni, prije svih *Brochotrix termosfacta* koja stvara mliječnu kiselinu i *Enterobacteriaceae*, u prisutstvu kisika pretežno *Pseudomonadaceae* (Mills i sur., 2014.).

Postupak zamrzavanja mesa u osnovi inhibira, a samo djelomično inaktivira mikroorganizme. Broj inaktiviranih mikroorganizama zavisi od brzine zamrzavanja, vrste mikroorganizama i dužine skladištenja. Mikroorganizmi brže odumiru pri sporom nego pri brzom zamrzavanju, a smanjenje broja mikroorganizama dešava se najčešće za vrijeme dužeg skladištenja. Kvasci i plijesni su otporniji od bakterija a među bakterijama su otpornije gram-pozitivne od gram-negativnih vrsta. Patogeni mikroorganizmi zamrzavanjem ne gube svoju virulenciju, pa tijekom odmrzavanja kada se temperatura mesa održava relativno dugo ispod kriokopske točke, postoji mogućnost za razvoj psihrofilnih vrsta (Lagerstedt i sur., 2008).

## Zaključak

Mišićna struktura mesa mijenja se tijekom hlađenja i zamrzavanja odnosno skladištenja uslijed smanjenja mišićnih vlakana te zamrznuto meso posljedično ima mnogo manju sposobnost zadržavanja vode tijekom odmrzavanja. Hlađenje a posebno zamrzavanje inhibira, a samo djelomično inaktivira mikroorganizme. Broj inaktiviranih mikroorganizama na nižim temperaturama zavisi od brzine hlađenja i zamrzavanja, vrste mikroorganizama i dužine skladištenja. Mikroorganizmi brže odumiru pri sporom nego pri brzom zamrzavanju, a smanjenje broja mikroorganizama dešava se najčešće za vrijeme dužeg skladištenja. Kvasci i plijesni su otporniji od bakterija a među bakterijama su otpornije gram-pozitivne od gram-negativnih vrsta. Patogeni mikroorganizmi ni zamrzavanjem ne gube svoju virulenciju. Za vrijeme odmrzavanja temperatura mesa održava se relativno dugo ispod kriokopske točke pa postoji mogućnost za razvoj psihrofilnih vrsta mikroorganizama.

## Literatura

- [1] **Abdel-Kader, Z. M. (1996):** Lipid oxidation in chicken as affected by cooking and frozen storage. *Nahrung*, 40, 21–24
- [2] **Anonimno (2004):** Uredba (EZ) br. 853/2004 europskog parlamenta i vijeća od 29. travnja 2004. o utvrđivanju određenih higijenskih pravila za hranu životinjskog podrijetla, L 139/55
- [3] **Barbut, S., G.S. Mittal (1990):** Influence of the freezing rate on the rheological and gelation properties of dark poultry meat. *Poultry Science*, 69, 827–832.
- [4] **Buckley, D. J., P. A. Morrissey, J. I. Gray (1995):** Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J. Anim. Sci.* 71, 3122–3130.
- [5] **Carlez, A., J.-P. Rouse, N. Richard, J.-C. Cheftel (1994):** Bacterial Growth During Chilled Storage of Pressure-Treated Minced Meat. *LWT - Food Science and Technology*, 27, 48-54.
- [6] **Decker, E.A., Y. L. Xiong, J. T. Calvert, A. D. Crum, S. P. Blanchard (1993):** Chemical, physical and functional properties of oxidized turkey white muscle myofibrillar proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 186-189.
- [7] **Farouk, M. M., K. J. Wieliczko, I. Merts (2004):** Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. *Meat science* 66,1, 171-179.
- [8] **Encyclopaedia Britannica (1998):** Freezing. *Food Preservation*. (<https://www.britannica.com/topic/freezing-food-preservation> pristupili 10.7.2018.)
- [9] **Gill, C. O. (2002):** Microbial control with cold temperatures. U: V.K. Juneja & J.N. Sofos, *Control of food-borne microorganisms*. New York: Marcel Dekker, 55-74.
- [10] **Honikel, K. O. (1998.):** Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49, 4, 447-57.
- [11] **Honikel, K.O. (2002.):** Biochemical and physical aspects of water holding capacity. *Proc. 3rd Annual Pork Quality Improvement Symp. Michigan State University, East Lansing*. Pp 11–16.

- [12] **James, S. J. (2002):** New developments in the chilling and freezing of meat. In: Meat Processing. Improving Quality. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, pp 297-312.
- [13] **Kovačević, D. (2001):** Kemija i tehnologija mesa i ribe. Prehrambeno tehnološki fakultet. Str. 296.
- [14] **Kozačinski, L., A. Gross Bošković, B. Hengl, B. Njari (2016.):** Sigurnost hrane u ovisnosti o uvjetima transporta i pohrane. Šesti Hrvatski veterinarski kongres s međunarodnim sudjelovanjem. Zagreb, 26. – 29. listopada 2016. Str. 123-130
- [15] **Lagerstedt Å, L. Enfält, L. Johansson, K. Lundström (2008):** Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef *M. longissimus dorsi*. Meat Sci. 80, 457–461.
- [16] **Leistner, L, W. Rodel, K. Krispien (1981):** Microbiology of meat products in high and intermediate – moisture ranges. In: Water activity: influences on food quality. Academic press. New York. Str 855-916.
- [17] **Leygonie, C., T. J. Britz, L. C. Hoffman (2012):** Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. Meat Science 91, 2, 93-98
- [18] **Mackie, I. M. (1993):** The effects of freezing on flesh proteins. Food Reviews Int. 9, 575-610.
- [19] **McMillin, K.W. (2008):** Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. Meat Science 80, 1, 43-65.
- [20] **Mills, J., A. Donnison, G. Brightwell (2014):** Factors affecting microbial spoilage and shelf-life of chilled vacuum-packed lamb transported to distant markets: A review. Meat Science, 98, 1, 71-80.
- [21] **North, M. F., S. J. Lovatt (2012):** Chilling and Freezing Meat. U: Handbook of meat and meat processing. Second edition. Ed.: Y. H. Hui. CRC Press. London & New York.
- [22] **Oluški, V. (1973):** Prerada mesa. Jugoslovenski institut za tehnologiju mesa, Str. 710.
- [23] **Omanović, H., K. Ždralović, A. Čaušević, E. Mujić, S. Halimović, N. Pračić (2013.):** Uticaj pasmine na randman i kvalitet mesa različitih tipova teladi. Radovi Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta, Univerziteta u Sarajevu LVIII, 63/2.
- [24] **Pietrasik, Z., J.A.M. Janz (2009):** Influence of freezing and thawing on the hydration characteristics, quality, and consumer acceptance of whole muscle beef injected with solutions of salt and phosphate. Meat Science, 81, 523–532.
- [25] **Sahagian, M. E., H. D. Goff (1996):** Fundamental aspects of freezing process. In: Freezing effects on food quality. Edditor: Jeremiah, L.E. Agriculture and Agri Canada Research Centre.
- [26] **Savell, J.W., S. L. Mueller, B. E. Baird (2005):** The chilling of carcasses. Meat Science 70,3, 449-459.
- [27] **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.
- [28] **Spanier, A.M. (1992):** Current approaches to the study of meat flavor quality. Food Science and Human Nutrition 29, 695-709.
- [29] **Sučić, R., Cvrtila, Ž., Njari, B., Kozačinski, L. (2010):** Senzorne, kemijske i mikrobiološke promjene u zamrznutom mesu peradi. Meso XII (6), 348-357
- [30] **Toldra, F. (2010.):** Handbook of Meat Processing. ISBN: 978-0-813-82182-5. Wiley-Blackwell.
- [31] **Varnam, A., Sutherland, J.M. (1995):** Meat and products – technology, chemistry and microbiology. Vol. 3, Chapman Hall. London.
- [32] **Vuković, I. K. (2006):** Osnove tehnologije mesa. Naučna KMD. Beograd, 2006.
- [33] **Vieira, C., M.T. Díaz, B. Martínez, M.D. García-Cachán (2009):** Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbial and sensory quality of rustic crossbred beef of different states of ageing. Meat Science, 83, 398–404.
- [34] **Živković, J. (1986):** Higijena i tehnologija mesa. Kakvoća i prerada. Tipografija “Đakovo”.

Dostavljeno: 30.11.2018.

Prihvaćeno: 29.1.2019.

## Effect of cooling and freezing on meat quality and microflora

### Abstract

The cooling and freezing of meat, as a preservation method, has many advantages in terms of preserving the properties of meat, whose chemical composition is characterised by high-quality proteins, minerals and B-complex vitamins. Compared to other preservation methods, nutritionally valuable meat ingredients are best preserved by cooling and freezing. The quality of preserved meat primarily depends on the speed and temperature of cooling and freezing process, and on ice crystals that form during freezing, their position and size. The hygienic quality of chilled and frozen meat depends, above all, on microflora in raw meat, but also on the manner and time of storage, the method of transport and the proper storage of meat in wholesale and retail centres. This paper discusses effects of cooling and freezing on meat quality and microflora.

**Key words:** cooling of meat, freezing of meat, meat quality, meat microflora

## Auswirkung des Kühlens und Einfrierens von Fleisch auf seine Qualität und Mikroflora

### Zusammenfassung

Das Kühlen und Einfrieren von Fleisch hat als Konservierungsmethode zahlreiche Vorteile beim Erhalt der Eigenschaften von Fleisch, dessen chemische Zusammensetzung durch hochwertige Eiweiße, Mineralstoffe und B-Vitamine gekennzeichnet ist. Im Vergleich zu anderen Konservierungsverfahren werden durch Kühlen und Einfrieren die nutritiv wertvollen Inhaltsstoffe des Fleisches am besten geschützt. Die Qualität des konservierten Fleisches hängt in erster Linie von der Geschwindigkeit und der Temperatur des Kühlens und Einfrierens sowie von den während des Einfrierens entstandenen Eiskristallen, deren Position und Größe ab. Die hygienische Qualität des gekühlten und gefrorenen Fleisches hängt insbesondere von der Mikroflora des Rohstoffes ab, jedoch auch von der Art und Dauer der Lagerung, der Transportweise und der ordnungsgemäßen Lagerung von Fleisch im Groß- und Einzelhandel. In der Arbeit werden die Auswirkungen des Kühlens und Einfrierens auf die Qualität und die Mikroflora von Fleisch erörtert.

**Schlüsselwörter:** Kühlung von Fleisch, Einfrieren von Fleisch, Fleischqualität, Fleischmikroflora

## L'impatto della refrigerazione e del congelamento sulla qualità e sulla microflora della carne

### Riassunto

La refrigerazione e il congelamento della carne come metodo di conservazione hanno numerosi vantaggi nella preservazione delle proprietà della carne, la cui composizione chimica è caratterizzata da proteine d'elevata qualità, minerali e vitamine del complesso B. A confronto con gli altri metodi di conservazione, con la refrigerazione e il congelamento si preservano meglio gli elementi a più alto valore nutrizionale della carne. La qualità della carne conservata in questo modo dipende dalla velocità e dalla temperatura del processo di refrigerazione e congelamento e dai cristalli di ghiaccio che si formano durante il congelamento, dalla loro posizione e dalle loro dimensioni. La qualità igienica della carne refrigerata e congelata dipende innanzitutto dalla microflora della materia prima, come anche dalle modalità



e dal tempo di stoccaggio, dalle modalità del trasporto e dalla corretta conservazione della carne nei centri di vendita all'ingrosso e al minuto. Nello studio si discute degli effetti della refrigerazione e del congelamento sulla qualità e sulla microflora della carne.

**Parole chiave:** refrigerazione della carne, congelamento della carne, qualità della carne, microflora della carne

## El efecto de la refrigeración y de la congelación sobre la calidad y la microflora de la carne

### Resumen

La refrigeración y la congelación son los métodos de la conservación de la carne con numerosas ventajas para la conservación de las características de la carne, cuya composición química está caracterizada por las proteínas de alto valor biológico, minerales y las vitaminas del complejo B. En comparación con otros procedimientos de la conservación, los ingredientes nutritivamente valiosos de la carne se conservan mejor por la refrigeración y la congelación. La calidad de la carne conservada por este método depende principalmente de la velocidad y la temperatura de la refrigeración y de la congelación, y también de los cristales del hielo formados durante la congelación, su posición y su tamaño. La calidad higiénica de la carne refrigerada y congelada depende primero que nada de la microflora de la materia prima y también de la manera y del tiempo del almacenamiento, de la manera del transporte y del mantenimiento adecuado de la carne en los centros de venta mayorista y minorista. En este trabajo se discuten los efectos de la refrigeración y la congelación sobre la calidad y la microflora de la carne.

**Palabras claves:** refrigeración de la carne, congelación de la carne, calidad de la carne, microflora de la carne



ONE HEALTH  
EJP ASM 2019



One Health EJP first Annual Scientific Meeting  
DUBLIN, IRSKA  
22.-24. svibnja 2019.