

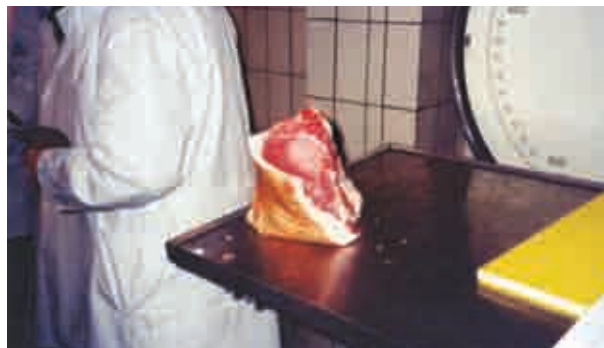
## ISPRIKA

U radu autora Karolyi, D.: Promjene u kvaliteti svinjetine, objavljenom u prošlom broju časopisa Meso (br 5, str. 18-20) ispušteni su greškom prilozi koji prate tekst. Radi se o originalnim fotografijama iz vlastitih istraživanja autora i grafikonu. Ispričavamo se autoru rada i čitateljima, pa priloge objavljujemo u ovom broju.

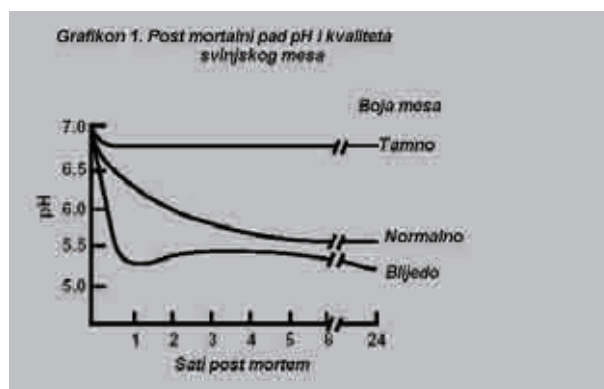
▼ **Slika 1.** *M. longissimus dorsi* varijacije u kakvoći: blijedo, meko, vodenasto meso (uzorak br.32) nasuprot tamnog, čvrstog, suhog mesa (uzorak br.23).



▼ **Slika 2.** Pojava različitih tonova boje na istom mišiću kod BMV svinjetine



▼ **Grafikon 1.** Pad mišićnog pH i kvaliteta mesa



# SPOSOBNOST VEZANJA VODE U MESU

Karolyi<sup>1</sup>, D.

## UVOD

Mišići sadrže otprilike 75 % vode. Veći dio vode nalazi se u strukturi mišića u miofibrilima, između miofibrila ili između miofibrila i stanične membrane (sarkoleme), zatim između mišićnih stanica i između mišićnih snopića (grupa mišićnih stanica). Nakon klanja životinje i pretvorbe mišića u meso, količina vode u mesu podložna je promjenama ovisno o procesima u mišićnom tkivu ili postupcima s mesom u preradi. Sposobnost vezanja vode (SVV) u mesu predstavlja sposobnost mišića *post*

*mortem* da zadrži vodu spontano i pod utjecajem vanjskih čimbenika, poput gravitacije ili termičke obrade. Sposobnost vezanja vode važno je obilježje kakvoće mesa. Primjerice, kod svinjskog mesa jedan od najčešćih kvalitativnih problema je veliki gubitak tekućine iz svježeg mesa. Suvišni iscjedak iz mesa rezultira brojnim ekonomskim gubicima, od gubitka na masi prije prodaje i slabije prodaje mesa zbog odbojnog djelovanja iscjetka na kupca, do smanjenja nutritivne vrijednosti mesa zbog gubitka dijela vrijednih u vodi topivih proteina i vitamini-

<sup>1</sup> Mr.sc. Danijel Karolyi, asistent, Zavod za opće stočarstvo, Agronomski fakultet Zagreb, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb

na putem iscjetka. Osim toga, meso sa smanjenom sposobnošću vezanja vode ima lošije prerađivačke osobine pa su mesne prerađevine slabije kakvoće.

## VODA U MIŠIĆU

### Voda u mišićnoj stanici

Voda je dipolarna molekula te je kao takvu privlače nabijeni sustavi, primjerice bjelančevine. U mišićnoj stanici dio vode je vrlo čvrsto vezan uz mišićne bjelančevine. To je tzv. vezana voda. Njezina pokretljivost je smanjena i vrlo teško prelazi u druge dijelove stanice. Otporna je na smrzavanje kao i na uobičajene postupke termičke obrade. Količina čvrsto vezane vode u mišiću je mala i gotovo da se ne mijenja prestankom mrtvačke ukočenosti. Druga frakcija vode koja se nalazi u mišiću je tzv. imobilizirana voda. Molekule vode u ovoj frakciji vezane su usljed steričkih utjecaja i/ili privlačenja molekula čvrsto vezane vode. Imobilizirana voda nalazi se unutar strukture mišića ali sama nije vezana uz molekule bjelančevina. U ranom postmortalnom stadiju, ova se voda ne otpušta slobodno iz tkiva, no može se ukloniti sušenjem i lako pretvoriti u led zamrzavanjem. Proces konverzije mišića u meso i *rigor mortisa* najviše utječu na imobiliziranu frakciju vode. S vremenom, uslijed promjena u strukturi mišićne stanice i snižavanja pH, ova voda može također iscuriti iz mesa u obliku iscjetka. Slobodna voda predstavlja onaj dio vode u mesu koji se nesmetano otpušta iz tkiva. U mesu je vezana uglavnom slabim površinskim silama. Ne otpušta se odmah u stanju prije mrtvačke ukočenosti, ali uslijed promjena koje uzrokuju istiskivanje imobilizirane vode iz prostora gdje se nalazi, dolazi do otpuštanja slobodne vode iz mesa. U strukturi mišića postoji nekoliko prostora iz kojih može potjecati mesni iscjedak. To mogu biti prostori unutar miofibrila, intracelularni prostor izvan miofibrila te ekstracelularni prostor, uključujući prostor između mišićnih snopova. Gubitak vode iz svakog od tih prostora može uključivati različite mehanizme a može se dešavati u različitom vremenskom razdoblju tijekom pohrane. Voda koja se nalazi u ekstracelularnim prostorima otpušta se lakše u odnosu na vodu iz dubljih struktura koje trebaju više vremena ili sile za otpuštanje vode. Kako postmortalni procesi značajno utječu na imobi-

liziranu vodu u mesu, zadržavanje što većeg dijela ove frakcije vode u mesu cilj je većine prerađivača mesa.

## SASTAV MESNOG SOKA

Vodenasta otopina koja se otpušta iz mišića *post mortem* sadrži značajne količine bjelančevina, u prosjeku oko 112 mg bjelančevina po mililitru tekućine. Većina bjelančevina u mesnom iscjetku jesu u vodi topivi, sarkoplazmatski proteini. Svijetla crvena boja tekućine potječe od mesnog pigmenta mioglobina, podrijetlom iz sarkoplazme. Sadržaj krvnog pigmenta hemoglobina je mali. Uz mioglobin, u iscjetku iz mesa nalaze se glikolitički enzimi i ostali sarkoplazmatski proteini, amino kiseline i u vodi topivi vitamini.

## ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA SVU MESA

### Električni naboj mišića

Za vrijeme pretvorbe mišića u meso u tkivu se nakuplja mliječna kiselina (laktat) uzrokujući pad pH vrijednosti u mesu. U terenutku kada pH dosegne izoelektričnu točku (pI) glavnine mišićnih bjelančevina, posebice miozina (pI = 5.4), naboj proteinskih molekula jednak je nuli, što znači da je broj pozitivnih i negativnih naboja na molekuli jednak. Te negativne i pozitivne grupe u proteinu međusobno se privlače što rezultira smanjenjem količine vode koju može privući i vezati taj protein. Kako se naboj proteina koji izgrađuju miofibrile približava nuli smanjuje se pozitivni ili negativni naboj te odbijanje struktura istog naboja u miofibrilu biva sve slabije što omogućava njihovo međusobno tješnje zbijanje i redukciju slobodnog prostora unutar miofibrila.

### Prostorni utjecaji

Miofibrili ispunjavaju najveći dio mišićne stanice (82 - 87 % volumena). Procjenjuje se da se gotovo 85 % vode u mišićnoj stanici nalazi u miofibrilima. Većina te vode vezana je kapilarnim silama koje proizlaze iz rasporeda tankih i debelih filamenata unutar miofibrila. Na tu vodu utječu promjene volumena koje se dešavaju nastupom *rigor mortisa* u mišiću. Razvojem ukočenosti mišića, stvaraju se permanentne veze između debelih i tankih filamenata čime se smanjuje dostupnost prostora za smještaj vode. Uz to, skraćuju se sarkomere što

također smanjuje raspoloživi prostor za vodu.

### **Genetski čimbenici i rani post mortalni postupci**

Genetski čimbenici (mutacije gena) kao i postupci sa životinjom (stres, odmor prije klanja, itd.) mogu imati značajan utjecaj na sposobnost vezanja vode u mesu i prerađevinama. Tehnološki postupci, posebice u odnosu na pravovremeno rashlađivanje mesa pri nastupu ukočenosti također igraju važnu ulogu u određivanju količine zadržane vode. Svi ovi faktori imaju značajni potencijal utjecaja na brzinu i opseg postmortalnog pada pH u mišićima a time i utjecaj na SVV mesa.

#### **Brzina pada pH**

Ubrzani postmortalni pad pH u mesu kao i niske vrijednosti konačnog pH povezani su s razvojem slabe sposobnosti vezanja vode u mesu i neprihvatljivo visokim gubitkom mesnog soka. Brzi pad pH, koji rezultira konačnim pH dok je temperatura mišića još visoka, uzrokuje denaturaciju i gubitak funkcionalnosti brojnih bjelančevina, uključujući one odgovorne za vezivanje vode. Najveći iscjedni gubitak javlja se kod blijedog, mekog i vodenastog (BMV) mesa svinja kod kojih je prisutna nasljedna mutacija gena koji kodira tzv. rianodinski receptor  $Ca^{++}$  kanala sarkoplazmatskog retikuluma mišićne stanice (tzv. halotani gen). Ta mutacija uzrokuje smanjenu sposobnost kontrole otpuštanja iona kalcija u sarkoplazmatski retikulum mišićne stanice, posebice tijekom izloženosti životinje fizičkom stresu. Velika brzina otpuštanja iona kalcija uzrokuje ubranu kontrakciju i ubranje mišićnog metabolizma i pada pH. Osim nasljeđa, i drugi čimbenici mogu dovesti do pojave BMV mesa. Primjerice, kratkotrajni stres prije klanja može i kod normalnih životinja izazvati ubranje metabolizma što postmortalno uzrokuje ubranje mišićnog metabolizma i brži pad pH u odnosu na životinje koje nisu bile izložene stresu. Premda ovo stanje nije tako ozbiljno kao kod nosioca halotanog gena, također dolazi do denaturacije proteina i posljedičnog većeg iscjednog gubitka iz mesa u odnosu na meso kod kojeg je pad pH tekao normalnom brzinom. Treba naglasiti da unatoč bržem padu pH, konačni pH takvog mesa ne mora biti ispod normalnih granica.

#### **Temperaturni režim**

Denaturacija proteina ne ovisi samo o pH vrijed-

nosti. Glavni razlog zašto brzi postmortalni pad pH ima tako poguban utjecaj na mišićne bjelančevine je u tome što sredina postaje kisela dok je temperatura mišića još visoka. Kombinacija relativno kiselih uvjeta i gotovo tjelesne temperature uzrokuje denaturaciju proteina. Hlađenjem trupova mogu se usporiti postmortalni metabolički procesi, smanjiti brzina pada pH i ublažiti neki od učinaka niskog pH u mesu. Usporavanjem brzine pada pH, smanjuje se opseg denaturacije bjelančevina i posljedični gubitak funkcionalnosti što poboljšava sposobnost vezanja vode u mesu. Zbog toga brzo hlađenje trupova nakon klanja s ciljem onemogućavanja pogubne kombinacije visoke temperature i niskog pH u mesu može spriječiti pojavu razvoja blažih slučajeva BMV mesa. Međutim, u težim oblicima BMV-a (obično uzrokovanim genetskom predispozicijom) velika brzina pada pH otežava snižavanje temperature mesa dovoljno brzo da se izbjegne denaturacija bjelančevina.

#### **Konačni pH**

Konačni pH mišića ima utjecaj na SVV i iscjedni gubitak mesa. Kod mesa s vrlo visokim konačnim pH (npr. > 6.3) karakteristična je tamna boja, suha površina i čvrsta, zatvorena struktura. Takvo tamno, suho i tvrdo (TST) meso ima vrlo visoku sposobnost vezanja vode. Meso visokog konačnog pH javlja se kod životinja koje bile izložene dugotrajnom fizičkom naporu ili drugim oblicima stresa uslijed čega su se zalihe glikogena u njihovim mišićima istrošile a nisu obnovljene prije klanja. Kako je mišićni glikogen supstrat iz kojeg nastaje mlječna kiselina, nedostatak glikogena u trenutku klanja uvjetuje smanjenu proizvodnju laktata i smanjeni opseg postmortalnog pada pH. S druge strane, moguća je pojava mesa vrlo niskog konačnog pH (5.4 - 5.3) kod kojeg je iscjedni gubitak veći nego kod mesa normalnog konačnog pH (5.6 - 5.9). Takvo "kiselo" meso javlja se kod svinja kod kojih je količina glikogena u mišićima u trenutku klanja povećana. Veća količina glikogena uvjetuje veći glikolitički potencijal i posljedično tome proizvodnju većih količina laktata uz niži konačni pH mesa. Povećani glikolitički potencijal može biti genetski uvjetovan (Rendement Napole ili RN gen kod Hampshire pasmine svinja). Svinje s takvom mutacijom u mišićima nakupljaju veće zalihe glikogena (do 70 % više). Postmortalna

razgradnja glikogena i pad pH teku normalnom brzinom, no zbog veće količine glikolitičkog supstrata pad pH traje dulje nego normalno, uz niže konačne pH vrijednosti.

## FAKTORI TIJEKOM PRERADE

### Vrijeme post mortem

Općenito, prije nastupa *rigor mortisa* gubitak vode iz mesa je mali. Kako vrijeme nakon klanja prolazi i mišiće zahvaća ukočenost, količina iscjetka iz mesa se povećava. Jedan od razloga tome je što nastupom *rigor mortisa* dolazi do formiranja premanentnih aktomiozinskih veza unutar strukture miofibrila čime se smanjuje raspoloživi prostor za vodu. Također, kako mišiće zahvaća *rigor mortis*, pH tkiva doseže blizinu izoelektrične točke mnogih bjelančevina, posebice miozina što utječe na količinu vode koju privlače proteinske strukture unutar miofibrila.

### Rasijecanje i veličina dijelova mesa

Kada su mišići u cjelovitom stanju iscjedak iz mesa je vrlo mali. Može doći do određenih evaporacijskih gubitaka s površine trupova no stvarni iscjedni ili kapaoni gubici su minimalni. Mogućnosti za gubitak tekućine iz mesa povećavaju se nakon rasijecanja trupova i mesa. Pri tome veličina komada mesa ima utjecaj na postotak mase mesa koji se gubi putem iscjetka iz mesa. Manji komadi mesa gube relativno više od mase putem iscjetka u odnosu na veće komade mesa. U osnovi, smatra se da što je manja udaljenost do površine komada mesa, veći je postotak iscjetka koji se gubi, premda apsolutna količina iscjednog gubitka može biti manja u usporedbi s većim komadima mesa. To posebice vrijedi kada je najduži rez okomit na smjer pružanja mišićnih vlakna a ne paralelan s njima, jer tekućina ima tendenciju kretanje duž vlakana.

### Uvjeti pohrane

Temperatura pohrane mesa može utjecati na SVV. Značaj brzog hlađenja trupova nakon klanja već je spomenut, a važno je temperaturu svježeg mesa održavati niskom (0 do 1 °C) kako bi se održavala SVV mesa. Povišenje temperature mesa na 4 °C može sniziti SVV.

### Zamrzavanje i odmrzavanje

Zamrzavanje svježeg mesa i potom odmrzavanje može značajno utjecati na količinu tekućine koja se gubi iz mesa putem iscjetka. Prema nekim

istraživanjima zamrzavanje i odmrzavanje svinjetine može gotovo udvostručiti iscjedni gubitak u odnosu na svinjetinu koja nije zamrzavana. To je dijelom posljedica fizičkih oštećenja koja uzrokuju kristalići leda u mesu. Led se počinje formirati kada meso postigne temperaturu od oko -1 °C. Na temperaturi od -5 °C otprilike 75 % vode u mesu je u obliku leda. Formiranje leda u mesu postiže maksimum pri -20 °C, kada je oko 92 % vode u obliku leda. Preostala voda otporna je na smrzavanje i do -35 °C, a smatra se da je to frakcija vode u mesu koja je čvrsto vezana uz bjelančevine u tkivu. Prelazak vode u led ima utjecaj na kemijska svojstva mesa. Stvaranjem leda otopine u tkivima postaju koncentriranije. Pri temperaturi mesa od -15 °C procijenjeno je da je koncentracija otopina u tekućoj fazi mesa oko 2 M, što je nekoliko puta veća koncentracija nego u svježem mesu. Brzina zamrzavanja mesa može imati značajan utjecaj na količinu iscjetka prilikom otapanja. Ako je meso zamrznuto u vrlo kratkom vremenu, kakvoća mesa nakon odmrzavanja može biti bolja uz manje količine iscjetka u odnosu na meso koje je zamrzavano polako. Naime, brzo zamrzavanje potiče formiranje malih kristalića leda, dok sporo zamrzavanje pogoduje nastanku većih kristala leda. Veliki kristali leda uzrokuju veće širenje i mogu prouzročiti rupturu staničnih membrana. Većina tih velikih kristala leda stvara se izvan mišićne stanice jer je koncentracija otopina u ekstracelularnom prostoru manja a time je niža i točka ledišta. No, zbog "nazubljene" i hrapave površine i oblika kristali leda mogu uzrokovati značajna oštećenja stanične membrane.

## ZAKLJUČAK

Čitav sustav proizvodnje mesa, od genetike i selekcije, postupaka sa životinjom do prerade i pohrane mesa može utjecati na svojstvo sposobnosti vezanja vode u mesu. Zbog toga je zadaća svakog segmenta proizvodnog lanca da optimizira vlastite procese s ciljem smanjenja gubitaka vode iz mesa i osiguranja proizvodnje poželjnog, visoko kvalitetnog mesa.

## IZVORI

Huff-Lonergan, E. (2002): Water-holding capacity of fresh meat. National Pork Board. DES Moines, IA, USA,

dostupno na: <http://www.porkscience.org/documents/Other/Q-waterholding%20facts.pdf>

### PODSJETNIK NEKIH VAŽNIJIH POJMOVA

**Vezana voda** – voda koja je u mišiću čvrsto vezana uz mišićne bjelančevine. Zagrijavanje na 100 °C ne oslobađa ovu vodu kao niti smrzavanje do temperatura od – 40 °C. Čini mali dio ukupne vode u mišiću.

**Iscjedni ili kapaoni gubitak** (eng. drip loss) – tekućina koju ispusti svježe meso putem pasivne eksudacije. Uobičajeno se iskazuje kao postotak (%) od početne mase uzorka.

**Imobilizirana voda** – predstavlja vodu koja je unutar mišiću vezana uz strukturne komponente mišićne stanice, npr. miofibrile ili stanične membrane. U živom mišiću ili mišiću post mortem a prije nastupa *rigor mortis* ova voda čini do 80 % ukupne vode u mišiću.

**Slobodna voda** – voda koja se nesmetano otpušta iz tkiva. Čini manje od 10 % ukupne vode koju sadrži mišić u stanju prije *rigor mortisa*.

**Miofibrili** – duge, štapičaste organele u skele-

tnom i srčanom mišiću koje zauzimaju otprilike 80 % volumena mišićne stanice. Sastavljeni su iz preklapajućih debelih (miozinskih) i tankih (aktinskih) filamenata odgovornih za mišićnu kontrakciju. Unutar miofibrila zadržava se veliki dio vode u mišiću.

**Sarkomera** – osnovna građevna jedinica miofibrila. Pojedini miofibrili izgrađeni su iz nizova sarkomera. Do mišićne kontrakcije dolazi uslijed skraćivanja pojedinačnih sarkomera što izaziva skraćivanje čitavog miofibrila, mišićne stanice i mišića u cjelini.

**pH vrijednost** – predstavlja mjeru koliko je neka otopina kisela ili bazična (lužnata). Normalni, živući mišić u stanju odmora ima pH oko 7.2. U mesu pH može biti od 5.2 do 7.0, a najviša kakvoća mesa nalazi se pri pH između 5.7 i 6.0.

**Sposobnost vezanja vode** (SVV) – sposobnost mesa da zadržava vlastitu vodu čak i pod utjecajem vanjskih čimbenika, poput gravitacije, zagrijavanja, centrifugalne sile, pritiska. Mjeri se putem iscjednog (kapaonog) gubitka (%) i drugih metoda. ■

Odlično je, od Gavrilovića je!

PRVA HRVATSKA TVORNICA SALAME, SUŠENA MESA I MASTI, MATE GAVRILOVIĆA POTOMCI d.o.o.  
Gavrilovićev trg 1, 44250 Petrinja, Hrvatska • Tel: 044/811-111 • Fax: 044/814-041 • www.gavrilovic.hr