

# Promene aktivnosti vode i sadržaja natrijuma, kalijuma, magnezijuma i kalcijuma u svinjskom mesu salamurenom različitim hloridnim solima

Lilić Slobodan<sup>1</sup>, Vranić Danijela<sup>1</sup>

*S a d r Ź a j:* Usled niza negativnih posledica prekomernog unosa natrijuma hranom, postoji stalna tendencija smanjivanja sadržaja soli, odnosno natrijuma u proizvodima od mesa, što se može postići na više načina. Poseban problem u industriji mesa predstavlja smanjivanje sadržaja soli u suvomesnatim proizvodima. Ovi proizvodi se ne tretiraju visokim temperaturama, pa je njihovo konzervisanje zasnovano, u prvim fazama proizvodnje, na uticaj niskih temperatura koje sprečavaju razvoj i razmnožavanje mikroorganizama, zatim na uticaj dimljenja, sušenja i zrenja ovih proizvoda. Prilikom sušenja, dimljenja i zrenja, aktivnost vode mesa se postepeno smanjuje i na samom kraju proizvodnje, postaje osnovni parametar koji obezbeđuje dugu održivost ovih proizvoda. Najznačajnija istraživanja iz ove oblasti urađena su na primeru suve šunke, koja predstavlja najrizičniji matriks za smanjivanje sadržaja soli, a dužlje partije mesa blizu femoralne arterije, zbog niske koncentracije soli, velikog sadržaja vlage i visoke aktivnosti vode predstavljaju veliki rizik od mikrobiološkog kvara. U radu su opisane važnije promene aktivnosti vode i sadržaja natrijuma, kalijuma, magnezijuma i kalcijuma tokom salamurenja mesa različitim smešama za salamurenje i tokom različitih faza proizvodnje.

**Ključne reči:** aktivnost vode, difuzija soli, suvo meso.

## Uloga soli u proizvodima od mesa

Kuhinjska so (natrijum-hlorid) u proizvodima od mesa obezbeđuje slan ukus (Ruusunen i Puolanne, 2005) i zajedno sa mastima doprinosi razvoju poželjnih senzorskih karakteristika. Osećaj slanosti izraženiji je u proizvodima sa većim sadržajem masti, dok je u proizvodima sa većim sadržajem proteina, osećaj slanosti manji. Jedna od najvažnijih funkcija soli u proizvodima od mesa je rastvaranje funkcionalnih miofibrilarnih proteina, što aktivira proteinske molekule da povećaju hidraciju, odnosno sposobnost zadržavanja vode (WHC – water holding capacity) i, shodno tome, poboljšanje teksture proizvoda. Povećanje WHC u mesu smanjuje gubitak mase prilikom kuvanja, povećavajući mekoću i sočnost proizvoda od mesa.

Inhibitorni efekat soli na razvoj i razmnožavanje bakterija, zasniva se na snižavanju aktivnosti vode. Pri određenoj koncentraciji kuhinjske soli voda izlazi iz ćelija osmozom, što može da uspori ili da sasvim prekine razmnožavanje mikroorganizama.

Potrebne su relativno visoke koncentracije soli da bi inhibirale rast i razmnožavanje mikroorganizama. Granične koncentracije natrijum-hlorida za rast mikroorganizama iznose: 5% za *Clostridium botulinum* tip E i *Pseudomonas fluorescens*, 6% za *Shigela* i *Klebsiella* vrste, 8% za *Escherichia coli*, *Salmonella* vrste, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum* tip A i *Clostridium perfringens*, 10% za *Clostridium botulinum* tip B i *Vibrio parahaemolyticus*, 15% za *Bacillus subtilis* i *Streptococcaceae*, 18% za *Staphylococcus aureus*, 25% za *Penicillium* i *Aspergillus* vrste i 26% za *Halobacterium halobium*, *Bacterium prodigiosum* i *Spirillum* vrste (Prändl, 1988).

## Mogućnosti smanjenja sadržaja soli u proizvodima od mesa

Usled niza negativnih posledica prekomernog unosa natrijuma hranom, postoji stalna tendencija smanjivanja sadržaja soli, odnosno natrijuma u proizvodima od mesa, što se može postići na više

**Napomena:** Rad je rezultat projekata TR 31083 i III 46009 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

<sup>1</sup>Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kačanskog 13, 11000 Beograd, Republika Srbija.

načina kao što su: smanjivanje dodate soli u proizvod (Sofos, 1983), zamena dela natrijum-hlorida drugim solima (Sofos, 1983; *Guàrdia i dr.*, 2006), upotreba pojačivača ukusa i maskirajućih agenasa (Desmond, 2006), optimizacija fizičke forme soli (Angus i dr., 2005) i korišćenje alternativnih procesnih tehnika (Claus et Sørheim, 2006).

Višestruke su mogućnosti redukcije sadržaja soli u proizvodima od mesa i činjenica je da u današnje, moderno vreme, so ne predstavlja osnovni činilac koji utiče na održivost proizvoda od mesa. Smatra se da i industrija mesa može i mora početi sa svojim programima redukcije soli i tako društveno odgovornim ponašanjem dati značajan doprinos javnom zdravlju.

Mnogi autori iz Srbije, bavili su se mogućnostima smanjivanja sadržaja dodate soli tokom izrade proizvoda od mesa. *Okanović i dr.* (2015), ispitivali su uticaj smanjivanja dodate soli u proizvodnji viršli na njihovu bezbednost i kvalitet, dok su *Kurćubić i dr.* (2015) ispitivali uticaj smanjenja dodate soli na boju viršli. *Lilić* (2000) ispitivao je uticaj smanjenja soli na kvalitet i održivost sušenog svinjskog mesa. *Lilić i dr.* (2008) bavili su se mogućnostima supstitucije natrijum-hlorida kalijum-hloridom u proizvodnji barenih kobasica. Parcijalnu supstituciju natrijum-hlorida kalijum-hloridom i amonijum-hloridom tokom proizvodnje pileće jetrene paštete, ispitivali su *Branković Lazić i dr.* (2015). Mogućnosti smanjenja sadržaja dodate soli u proizvode od usitnjenog mesa dodavanjem ekstrakta začinskog bilja ispitivali su *Lilić i Matekalo-Sverak* (2007), dok su parcijalnu supstituciju natrijum-hlorida kalijum-hloridom u ovim proizvodima ispitali *Lilić i dr.* (2015).

Kalijum-hlorid se najčešće koristi kao zamena za so i to u kombinaciji sa natrijum-hloridom u odnosu 70:30, međutim potpuna supstitucija natrijum-hlorida nije moguća, jer već kod 50% supstitucije dolazi do pojave gorkog ukusa i smanjivanja osećaja slanosti, što jedan proizvod čini neprihvatljivim. Upotreba kalijumovih soli je često puta osporavana zbog moguće osetljivosti izvesnog dela populacije, kao što su ljudi oboleli od dijabetesa tip I, hronične renalne insuficijencije, kod poslednjeg stadijuma bubrežnih oboljenja, kao i od srčane i nadbubrežne insuficijencije (FSAI, 2005). US Dietary Guidelines (2005) navode da ishrana bogata kalijumom slabi efekte soli na krvni pritisak i preporučuju dnevni unos kalijuma od 4,7 g dnevno.

Na tržištu se već nalaze dijetalne soli koje su mešavina natrijum-hlorida i kalijum-hlorida, obično uz dodatak L-lizin hidrohlorida, koji maskira gorak ukus soli i pospešuje izlučivanje natrijuma iz organizma (*Ruusunen i Puolanne*, 2005).

## Parcijalna supstitucija natrijum-hlorida drugim solima u proizvodnji suvog svinjskog mesa

Poseban problem u industriji mesa predstavlja smanjivanje sadržaja soli u suvomesnatim proizvodima. Ovi proizvodi se ne tretiraju visokim temperaturama, pa je njihovo konzervisanje zasnovano, u prvim fazama proizvodnje, na uticaju niskih temperatura koje sprečavaju razvoj i razmnožavanje mikroorganizama, a zatim i na uticaju dimljenja, sušenja i zrenja ovih proizvoda. Prilikom sušenja, dimljenja i zrenja, aktivnost vode mesa se postepeno smanjuje i na samom kraju proizvodnje postaje osnovni parametar koji obezbeđuje dugu održivost ovih proizvoda.

Pojedini naučnici ispitivali su mogućnosti smanjenja količine dodate soli prilikom soljenja i salamurenja mesa. Najznačajnija istraživanja na ovom polju, vršena su u proizvodnji suve šunke, koja predstavlja najrizičniji matriks za smanjivanje dodate soli prilikom proizvodnje, usled svoje voluminoznosti, prisustva kostiju i dugog perioda soljenja/salamurenja. Najznačajnija istraživanja iz ove oblasti urađena su na primeru španske šunke. Proizvodnja ove šunke sastoji se iz tri faze: salting faza (soljenje), postsalting faza (difuzija soli) i faza sušenja i zrenja. Trajanje određenih faza, temperatura i relativna vlažnost nisu striktno definisani, mada, prema nekim autorima (*Ventanas i Cava*, 2001), faza difuzije soli trebalo bi da se odvija pri temperaturi od oko 3°C, sa ciljem sprečavanja rasta mikroorganizama, u prvom redu *Clostridium botulinum*. Najrizičniji delovi šunke koji mogu podleći mikrobiološkom kvaru predstavljaju dublje partije mesa u okolini femoralne arterije zbog najniže koncentracije soli, najvećeg sadržaja vlage i visoke aktivnosti vode (*León-Crespo i dr.*, 1997; *Barat i dr.*, 2005).

*Aliño i dr.* (2010) ispitivali su fizičko-hemijske promene tokom suvog salamurenja svinjskih butova različitim vrstama hloridnih soli. Meso kontrolne grupe salamureno je samo natrijum-hloridom. Meso druge grupe salamureno je mešavinom natrijum-hlorida (NaCl) i kalijum-hlorida (KCl) u jednakim količinama, dok je meso treće ogledne grupe salamureno mešavinom koja je sadržavala 55% natrijum-hlorida, 25% kalijum-hlorida, 15% kalcijum-hlorida (CaCl<sub>2</sub>) i 5% magnezijum-hlorida (MgCl<sub>2</sub>). Količina upotrebljene soli, odnosno mešavine soli, iznosila je 2% u odnosu na inicijalnu masu mesa, a pri tom su dodati 200 ppm kalijum-nitrata i 100 ppm natrijum-nitrata.

Prva faza, soljenje, odvijala se pri temperaturi od 3 ± 1°C i relativnoj vlažnosti od 90% i trajala je 10 dana. Druga faza, difuzija soli, odvijala se

pri temperaturi od 4,5°C i relativnoj vlažnosti od 75 do 85%. U trećoj i poslednjoj fazi, odvijalo se sušenje i zrenje šunki pri temperaturi od 6 do 20°C i relativnoj vlažnosti koja se spušta od oko 80% na 65%. Smatra se da je proces proizvodnje završen kada gubitak mase nastao sušenjem dostigne 32–34%, što je vrednost koja se uobičajeno postiže i u industrijskim uslovima.

Pomenuti autori utvrdili su da, ukupan sadržaj soli u suvoj materiji, zavisi, u prvom redu od sastava, odnosno mešavine soli. Meso salamureneno mešavinom koja je sadržala 55% NaCl, 25% KCl, 15% CaCl<sub>2</sub> i 5% MgCl<sub>2</sub>, sadržaj hlorida bio je statistički značajno manji ( $0,053 \pm 0,003$  do  $0,091 \pm 0,005$  w/w), ( $p \leq 0,05$ ) u odnosu na meso salamureneno samo natrijum-hloridom i mešavinom podjednakih količina NaCl i KCl ( $0,069 \pm 0,009$  do  $0,107 \pm 0,010$  w/w,  $0,070 \pm 0,005$  do  $0,112 \pm 0,017$  w/w, istim redom), što su potvrdili i *Armenteros i dr.* (2009). Sadržaj vlage ( $0,51 \pm 0,02$  do  $0,62 \pm 0,01$  w/w) bio je statistički značajno manji ( $p \leq 0,05$ ) prilikom salamurenja mešavinom NaCl i KCl u odnosu na salamurenje samo natrijum-hloridom i mešavinom sa dodatkom CaCl<sub>2</sub> i MgCl<sub>2</sub> ( $0,54 \pm 0,02$  do  $0,63 \pm 0,01$  w/w,  $0,53 \pm 0,02$  do  $0,65 \pm 0,01$  w/w, istim redom).

Postoje različiti podaci o uticaju soli na sadržaj vode u mesu tokom soljenja. Prema navodima *Aliño i dr.* (2009), utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju vode prilikom korišćenja različitih vrsta soli. Mešavine soli sa KCl brže penetriju u meso, ali i sprečavaju odavanje vode iz središnjih slojeva mesa. Nalaz pomenutih autora nije u saglasnosti sa podacima *Armenterosa i dr.* (2012), koji tvrde da razlike u sadržaju vode u mesu prilikom korišćenja mešavina različitih hloridnih soli, ne postoje.

Gubitak mase na kraju perioda sušenja i zrenja, bio je najveći kod mesa salamurenog jednakim količinama NaCl i KCl, nego kod mesa soljenog samo sa NaCl i mešavinom sa CaCl<sub>2</sub> i MgCl<sub>2</sub>.

Najveća aktivnost vode od 0,942, utvrđena je kod mesa soljenog mešavinom sa CaCl<sub>2</sub> i MgCl<sub>2</sub>, u odnosu na meso salamureneno samo NaCl i mešavinom sa jednakim učešćem NaCl i KCl, što se može protumačiti činjenicom da dvovalentni katjoni teže difunduju kroz meso, što rezultuje većim sadržajem vode i, sledstveno tome, većom vrednosti aktivnosti vode. Nasuprot tome, najmanje vrednosti aktivnosti vode, prosečno 0,932, postignute su kod mesa salamurenog mešavinom NaCl i KCl.

Vrednosti aktivnosti vode postignute na kraju procesa proizvodnje prikazane su u tabeli 1.

Sadržaj natrijuma i kalijuma, u svim slojevima mesa, bio je konstantan tokom svih faza procesa proizvodnje, pri čemu je ekvilibrijum postignut na kraju proizvodnje. Shodno tome i odnos Na/K u mesu bio je konstantan. Odnos Na/K bio je niži u mesu nego u salamuri u oba perioda (salting i post-salting period), što govori u prilog tome da joni kalijuma bolje difunduju kroz meso, nego joni natrijuma, što su potvrdili i *Aliño i dr.* (2009) i *Armenteros i dr.* (2009). Ova razlika je još veća kod mesa salamurenog mešavinom soli koja sadrži CaCl<sub>2</sub> i MgCl<sub>2</sub> i smatra se da je to posledica toga što joni kalcijuma i magnezijuma ometaju penetraciju soli, naročito u slučaju NaCl.

Vrednosti odnosa Na/Mg i K/Mg bile su statistički značajno veće ( $p \leq 0,05$ ) u dubljim slojevima mesa u odnosu na površinske slojeve, što se objašnjava time da joni natrijuma i kalijuma mnogo brže prodiru u dubinu mesa nego joni magnezijuma. Joni kalcijuma slično se ponašaju kao i joni magnezijuma i uglavnom se zadržavaju u spoljašnjim slojevima mesa, iako nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih slojeva mesa u pogledu odnosa Na/Ca i K/Ca. Međutim vrednosti standardne devijacije koncentracije kalcijuma ukazuju na heterogenost penetracije CaCl<sub>2</sub>. Takođe, u smeši se nalazi mala količina CaCl<sub>2</sub>, tako da kalcijumovi joni većinom ostaju vezani za spoljašnje slojeve proteina mesa, čineći površinu mesa čvršćom (*Aliño i dr.*,

**Tabela 1.** Aktivnost vode suvih šunki na kraju procesa proizvodnje (*Aliño i dr.*, 2010)

**Table 1.** Water activity of dry hams at the end of production (*Aliño et al.*, 2010)

	A	A'	B	B'	C
100% NaCl	$0,935 \pm 0,004$	$0,935 \pm 0,004$	$0,936 \pm 0,004$	$0,939 \pm 0,004$	$0,935 \pm 0,005$
50% NaCl + 50% KCl	$0,932 \pm 0,003$	$0,932 \pm 0,004$	$0,937 \pm 0,005$	$0,932 \pm 0,004$	$0,933 \pm 0,004$
55% NaCl + 25% KCl + 15% MgCl <sub>2</sub> + 5% CaCl <sub>2</sub>	$0,942 \pm 0,004$	$0,945 \pm 0,004$	$0,941 \pm 0,006$	$0,950 \pm 0,003$	$0,949 \pm 0,003$

**Legenda/Legend:** A – površinski sloj unutrašnje strane buta/layer near the lean surface; A', B i B' – intermedijarne zone, pri čemu su B i B' blizu femoralne arterije/intermediate zones, B and B' being near to femoral artery; C – sloj ispod potkožnog masnog tkiva/layer underneath the subcutaneous fat tissue.

2010). Vrednosti pomenutih odnosa su, tokom svih faza procesa proizvodnje, bile veće u mesu nego u salamuri, odnosno mešavinama korišćenim za salamurenje. Imajući u vidu da se, tokom faze soljenja, formira salamura, odnosno slani rastvor, koji okružuje meso, i da se formira sloj na površini mesa, difuzija katjona u meso, rezultat je prvenstveno sastava smeše za salamurenje.

*Aliño i dr.* (2009) utvrdili su da penetracija katjona u svinjskom mesu, salamurenom različitim smešama soli, zavisi od vrste soli, kao i da je koncentracija jona kalcijuma i magnezijuma veća u salamuri nego u mesu, zbog veće rastvorljivosti  $MgCl_2$  i  $CaCl_2$  u vodi u odnosu na stepen rastvorljivosti NaCl i KCl i da dvovalentni joni sporije penetriraju u meso od jednovalentnih. Zaključak ovih autora je da šunke proizvedene sa mešavinom NaCl i KCl sadrže više soli, imaju nižu aktivnost vode i

manji sadržaj vode na kraju procesa proizvodnje, a shodno tome i da, u kraćem periodu, postižu predviđeni gubitak mase.

*Lorenzo i dr.* (2015) ispitivali su fizičko-hemijske i mikrobiološke promene prilikom proizvodnje suvih šunki. Kontrolna grupa proizvoda bile su šunke soljenje samo natrijum-hloridom, dok je meso oglednih grupa bilo soljeno mešavinama hloridnih soli u različitom odnosu. Meso prve ogledne grupe soljeno je mešavinom NaCl i KCl u jednakim količinama, meso druge ogledne grupe mešavinom 45% NaCl, 25% KCl, 20%  $CaCl_2$  i 10%  $MgCl_2$ , a meso treće ogledne grupe mešavinom 30% NaCl, 50% KCl, 15%  $CaCl_2$  i 5%  $MgCl_2$ . Period soljenja odvijao se pri temperaturi između 2 i 5°C i relativnoj vlažnosti između 80 i 90% u trajanju od pet dana. Posle ove faze butovi su oprani i prebačeni u komoru za fazu difuzije soli, gde su ostali 14 dana pri temperaturi od

**Tabela 2.** Sadržaj minerala u šunki tokom proizvodnje, mg/100 g (*Lorenzo i dr.*, 2015)

**Table 2.** Mineral content in ham during production, mg/100 g (*Lorenzo et al.*, 2015)

		Posle soljenja/ After salting	Posle difuzije soli/ After post-salting	Posle zrenja/ After dry-ripening
Na	100% NaCl	1082,64 ± 220,82	2065,89 ± 106,86	2446,60 ± 108,46
	50% NaCl + 50% KCl	577,29 ± 140,37	1024,20 ± 91,68	1483,91 ± 118,55
	45% NaCl + 25% KCl + 20% $MgCl_2$ + 10% $CaCl_2$	161,82 ± 27,69	534,54 ± 95,07	738,21 ± 20,34
	30% NaCl + 50% KCl + 15% $MgCl_2$ + 5% $CaCl_2$	165,61 ± 68,28	535,37 ± 164,04	586,35 ± 109,39
K	100% NaCl	387,22 ± 4,01	396,05 ± 14,63	565,11 ± 22,22
	50% NaCl + 50% KCl	721,05 ± 66,43	1460,76 ± 130,08	1915,42 ± 78,12
	45% NaCl + 25% KCl + 20% $MgCl_2$ + 10% $CaCl_2$	275,88 ± 36,10	557,09 ± 25,93	876,08 ± 80,46
	30% NaCl + 50% KCl + 15% $MgCl_2$ + 5% $CaCl_2$	590,46 ± 51,80	1045,01 ± 33,22	1668,94 ± 99,21
Ca	100% NaCl	6,30 ± 0,21	8,85 ± 2,02	9,35 ± 1,27
	50% NaCl + 50% KCl	5,50 ± 0,56	8,13 ± 1,10	9,31 ± 0,59
	45% NaCl + 25% KCl + 20% $MgCl_2$ + 10% $CaCl_2$	9,16 ± 0,88	28,27 ± 4,79	33,73 ± 11,08
	30% NaCl + 50% KCl + 15% $MgCl_2$ + 5% $CaCl_2$	7,21 ± 0,57	26,75 ± 4,79	33,73 ± 11,08
Mg	100% NaCl	26,14 ± 2,13	25,93 ± 3,14	35,04 ± 5,35
	50% NaCl + 50% KCl	33,59 ± 5,07	25,91 ± 2,92	31,89 ± 3,35
	45% NaCl + 25% KCl + 20% $MgCl_2$ + 10% $CaCl_2$	31,27 ± 2,23	35,93 ± 3,16	42,73 ± 2,14
	30% NaCl + 50% KCl + 15% $MgCl_2$ + 5% $CaCl_2$	22,57 ± 4,27	35,97 ± 4,58	36,97 ± 3,70

2–5°C i relativnoj vlažnosti između 85 i 90%. Posle ove faze, butovi su prebačeni u komore za sušenje i zrenje, gde su bili 84 dana, pri temperaturi od 12°C i relativnoj vlažnosti od 74–78%.

Autori potvrđuju slabiju penetraciju dvovalentnih jona kalcijuma i magnezijuma u meso, što se objašnjava većom gustinom naboja koja za kalcijum iznosi 0,050 jedinica naboja po molekulskoj masi, dok za magnezijum iznosi 0,082 jedinice naboja po molekulskoj masi, o čemu izveštavaju *Blesa i dr.* (2008).

Korišćenje različitih mešavina soli bitno utiče na mineralni sastav gotovog proizvoda i na dnevne potrebe čoveka u mineralima (*Zanardi i dr.*, 2010). Sadržaj minerala (natrijum, kalijum, kalcijum i magnezijum) u šunkama tokom proizvodnje, prikazan je u tabeli 2.

*Blesa i dr.* (2008) ispitivali su mogućnosti smanjenja sadržaja soli u šunkama, pri čemu je meso kontrolne grupe bilo salamureno samo natrijum-hloridom u količini od 2% u odnosu na inicijalnu masu mesa. Prvu oglednu grupu činilo je meso salamureno mešavinom natrijum-hlorida i kalijum-hlorida u količini od 1% u odnosu na inicijalnu masu mesa, respektivno. Drugu oglednu grupu činilo je meso salamureno mešavinom od 55% NaCl, 25% KCl, 15% CaCl<sub>2</sub> i 5% MgCl<sub>2</sub>. U meso sve tri grupe dodato je 200 ppm kalijum-nitrata i 100 ppm natrijum-nitrata.

Period soljenja trajao je ukupno deset dana, pri temperaturi od 3 ± 1°C i relativnoj vlažnosti od 90%. Period difuzije soli trajao je 20, 50 i 80 dana, pri temperaturi od oko 3°C i relativnoj vlažnosti od 80%. Kod mesa salamurenog samo natrijum-hloridom, faza difuzije soli trajala je 50 dana, što je uobičajeno za industrijske uslove, dok je ovaj period za meso oglednih grupa produžen do vremena potrebnog da se postignu dovoljno niske vrednosti aktivnosti vode u dubljim slojevima mesa, odnosno one koje su postignute kod mesa salamurenog samo natrijum-hloridom.

Ovi autori ustanovili su da se vrednosti aktivnosti vode kod salamurenja samo natrijum-hloridom, povećavaju u površinskim slojevima mesa od 20. do 50. dana perioda difuzije soli. Aktivnost vode je niža u površinskim slojevima mesa tokom prvih dana difuzije soli što je i za očekivati usled akumulacije soli tokom faze soljenja, da bi se aktivnost vode posle ovog perioda povećavala u tim slojevima mesa, što se može objasniti smanjenjem koncentracije natrijumovih i hloridnih jona u ovoj zoni, koji difunduju u unutrašnje partije mesa, što uzrokuje migraciju vode iz dubljih slojeva mesa u površinske. I kod mesa soljenog mešavinama hloridnih soli, aktivnost vode se u površinskim slojevima povećava

posle 50. dana perioda difuzije soli, da bi 80. dana njene vrednosti počele da se smanjuju, što se objašnjava gubitkom vode iz površinskih slojeva mesa u ovom periodu.

Tokom perioda difuzije soli, aktivnost vode mesa soljenog mešavinama NaCl i KCl i mešavinama NaCl, KCl, MgCl<sub>2</sub> i CaCl<sub>2</sub>, teži da postigne ekvilibrijum u svim slojevima, ali ipak, aktivnost vode nije homogena u svim slojevima na kraju ovog perioda. Posle 80. dana difuzije soli, aktivnost vode u mesu soljenom mešavinama soli ostaje niža od one izmerene 50. dana kod mesa soljenog samo natrijum-hloridom. Na ovaj način, posle 80. dana difuzije soli, joni kalijuma, kalcijuma i magnezijuma imaju dovoljno vremena da penetriraju u dublje slojeve mesa, a ovakvo smanjivanje aktivnosti vode osigurava mikrobiološku stabilnost proizvoda kada se poveća temperatura u periodu sušenja i zrenja.

U svakom slučaju, aktivnost vode je veća kod mesa soljenog mešavinama hloridnih soli nego kod mesa soljenog samo natrijum-hloridom, 50. dana perioda difuzije soli. Ovo bi se moglo objasniti većom gustinom punjenja koja otežava penetraciju ovih jona u mesu, a u kombinaciji sa hloridnim anjonom, jer princip elektroneutralnosti mora da bude postignut (*Wesselingh i Krishna*, 1990), što potvrđuje potrebu da se faza difuzije soli produži kod korišćenja mešavina soli, jer joni kalcijuma i magnezijuma sporije difunduju u meso.

Takođe, kod produžavanja faze difuzije soli, mora se uzeti u obzir i značajno smanjenje aktivnosti vode u površinskim slojevima mesa i prekomernog isušivanja mesa po površini, što može loše uticati na senzorske osobine gotovog proizvoda zbog aktivacije enzima mesa odgovornih za proteolizu (*Toldrá*, 2006).

## Zaključak

Šunke proizvedene sa mešavinom natrijum-hlorida i kalijum-hlorida sadrže više soli, imaju niže vrednosti aktivnosti vode i sadržaj vlage na kraju procesa proizvodnje, tako da je potrebno manje vremena da se postigne očekivani gubitak mase. Suprotni efekti postižu se dodatkom magnezijum-hlorida i kalcijum-hlorida. Oba efekta mogu se objasniti boljom difuzijom jona kalijuma u meso za razliku od jona magnezijuma i kalcijuma. Mogućnosti smanjivanja sadržaja soli, odnosno natrijuma u ovim proizvodima od mesa predstavlja veliki izazov s obzirom da se oni, tokom proizvodnje, ne obrađuju visokim temperaturama. Svakako, supstitucija natrijum-hlorida drugim hloridnim solima predstavlja relativno jednostavan način smanjivanja

sadržaja natrijuma u proizvodima od mesa, ali bi trebalo voditi računa da ne dođe do pojave prime-sa gorkog i metalnog ukusa poreklom od kalijum-hlorida, zatim tvrdoće proizvoda u većem stepenu usled dodavanja kalcijum-hlorida, i naravno, da ne dođe do mikrobiološkog kvara. U svakom slučaju, umerenom supstitucijom natrijum-hlorida drugim hloridnim solima, ne dolazi do značajnih promena

fizičko-hemijskih i mikrobioloških karakteristika proizvoda, a sadržaj natrijuma se može smanjiti ot-prilike za jednu trećinu, što bi uz strategiju i pro-gram redukcije natrijuma u hrani, predstavljalo veliki korak napred u očuvanju zdravlja ljudi, sma-njivanja prevalencije neinfektivnih, odnosno kardio-vaskularnih oboljenja i smanjivanja troškova pre-venције i lečenja ovih oboljenja.

## Literatura

- Aliño M., Grau R., Toldrá F., Blesa E., Pagán M. J., Barat J. M., 2009.** Influence of sodium replacement on physicochemical properties of dry-cured loin. *Meat Science*, 83, 423–430.
- Aliño M., Grau R., Toldrá F., Barat J. M., 2010.** Physicochemical changes in dry-cured hams salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Meat Science*, 86, 331–336.
- Angus F., Phelps T., Clegg S., Narain C. den Ridder C., Kilcast D., 2005.** Salt in processed foods: Collaborative Research Project. Leatherhead Food International.
- Armenteros M. M., Aristoy M. C., Barat J. M., Toldrá F., 2009.** Biochemical and sensory properties of dry-cured loins as affected by partial replacement of sodium by potassium, calcium and magnesium. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 9699–9705.
- Armenteros M., Aristoy M. C., Barat J. M., Toldrá F., 2012.** Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts. *Meat Science*, 90, 361–367.
- Barat J. M., Grau R., Ibáñez J. B., Fito P., 2005.** Post-salting studies in Spanish cured ham manufacturing time reduction by using brine thawing–salting. *Meat Science* 69, 201–208.
- Blesa E., Aliño M., Barat J. M., Grau R., Toldrá F., Pagán M. J., 2008.** Microbiology and physico-chemical changes of dry-cured ham during the post-salting stage as affected by partial replacement of NaCl by other salts. *Meat Science*, 78, 135–142.
- Branković Lazić I., Rašeta M., Nikolić D., Lukić M., Karan D., Lilić S., 2015.** Reducing the sodium chloride content in chicken pate by using potassium and ammonium chloride. International 58<sup>th</sup> Meat Industry Conference “Meat Safety and Quality: Where it goes?” *Procedia Food Science* 5, 22–25.
- Claus J. R., Sørheim O., 2006.** Preserving pre-rigor meat – functionality for beef patty production. *Meat Science*, 73, 287–294.
- Desmond E., 2006.** Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science* 74, 188–196.
- FSAI, 2005.** Salt and health: review of the scientific evidence and recommendations for public policy in Ireland. Food Safety Authority of Ireland.
- Guàrdia M. D., Guerrero L., Gelabert J., Gou P., Arnau J., 2006.** Consumer attitude towards sodium reduction in meat products and acceptability of fermented sausages with reduced sodium content *Meat Science* 73, 484–490.
- Kurčubić V., Okanović Đ., Lilić S., Gubić J., Vranić D., 2015.** The effect of sodium content reduction on colour of hot dogs. IV International Congress “Engineering, Environment and Materials in Processing Industry, Jahorina 04.03-06.03.2015., Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina.
- León-Crespo F., Galán-Soldevilla H., Peralta-Fernández A., Ciudad-González N., Balderas-Zubeldia B., Céspedes-Sánchez F., Martín-Serrano A., Torres-Muñoz M. C., 1997.** La salazón del jamón: bases para una tecnología racional. *Cárnica* 2000, July, 33–51.
- Lilić S., 2000.** Ispitivanje važnijih činilaca od značaja za održivost i kvalitet sušenog svinjskog mesa. Magistarska teza, Fakultet veterinarske medicine, Beograd.
- Lilić S., Matekalo-Sverak V., 2007.** Influence of partial replacement of sodium chloride by potassium chloride and adding of rosemary extract on flavour acceptability of ground meat. Proceedings, „I International congress „Food technology, quality and safety“, Symposium of Biotechnology and Food Microbiology, Novi Sad, 61–66.
- Lilic S., Matekalo-Sverak V., Borovic B., 2008.** Possibility of replacement of sodium chloride by potassium chloride in cooked sausages – sensory characteristics and health aspects. *Biotechnology in Animal Husbandry* 24, 1–2, 133–138.
- Lilić S., Branković Lazić I., Korićanac V., Vranić D., Spalević Lj., Pavlović M., Lakićević B., 2015.** Reducing sodium chloride content in meat burgers by adding potassium chloride and onion. International 58<sup>th</sup> Meat Industry Conference “Meat Safety and Quality: Where it goes?” *Procedia Food Science* 5, 164–167.
- Lorenzo J. M., Bermúdez R., Domínguez R., Guiotto A., Franco D., Purriños L., 2015.** Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacon salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Food Control*, 50, 763–769.
- Okanović Đ., Kurčubić V., Lilić S., Gubić J., Borović B., 2015.** The influence of sodium reduction on the quality and safety of hot dogs. *Quality of life*, 6, 1–2, 25–31.
- Prändl O., 1988.** Verarbeitung des Fleisches, Grundlagen der Haltbarmachung, Fleisch: Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung, Stuttgart: Ulmer, 234–372.
- Ruusunen M., Puolanne E., 2005.** Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70, 3, 531–541.
- Sofos J. N., 1983.** Effects of reduced salt levels on sensory and instrumental evaluation of frankfurters. *Journal of Food Science*, 48, 1691–1692.

- Toldrá F., 2006.** The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 164–168.
- US Department of Health and Human Services, 2005.** Dietary guidelines for Americans. [www.health.gov/dietary-guidelines/dga2005/document](http://www.health.gov/dietary-guidelines/dga2005/document)
- Ventanas J., Cava R., 2001.** Dinámica y control del proceso de secado del jamón ibérico en secaderos y bodegas naturales y en cámaras climatizadas. In: *Tecnología del jamón ibérico de los sistemas tradicionales a la explotación racional del sabor y el aroma*. Mundi-Prensa, Madrid, 255–292.
- Wesselingh J. A., Krishna R., 1990.** Mass transfer. West Sussex: Ellis Horwood Ltd.
- Zanardi E., Ghidini S., Conter M., Ianieri A., 2010.** Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. *Meat Science*, 86, 742–747.

## Changes of water activity and sodium, potassium, magnesium and calcium content in pork cured with various chloride salts

Lilić Slobodan, Vranić Danijela

*Summary:* Due to negative effects of excessive sodium intake by food, there is a permanent trend to reduce salt/sodium content in meat products, that can be achieved in several ways. Particular problem in the meat industry is reduction of salt content in dry meat products. These products are not heat treated, so their preservation is based, in the initial steps of the manufacturing, on the influence of low temperature that prevents growth and multiplication of microorganisms. Further antimicrobial effects are based on the influence of cold smoking, drying and maturation of these products. During the salting/curing, smoking, drying and maturation, water activity in meat gradually decreases. At the end of drying, low water activity becomes the main parameter which ensures long shelf life of these products. The most important investigations in this area are performed on the model of dry ham that represents a matrix with the greatest risk concerning salt content reduction. Inner parts of meat are near femoral artery and have low salt content, high moisture content and high water activity and represent high risk of microbial spoilage. In this paper, the main changes of water activity are presented as well as the changes in the sodium, potassium, magnesium and calcium content during the salting/curing of meat with various curing mixtures in different stages of the production.

**Key words:** water activity, salt penetration, dry meat.

Rad primljen: 15.11.2015.

Rad prihvaćen: 3.12.2015.