

Mogućnosti supstitucije natrijum-hlorida nekim hloridnim solima u procesu proizvodnje suvog svinjskog mesa

Lilić Slobodan¹, Borović Branka¹, Vranić Danijela¹

S a d r Ź a j: Unos natrijuma umnogome prevazilazi nutritivne preporuke, naročito u modernim i industrijski razvijenim zemljama. Od ukupne dnevne količine kuhinjske soli, koja se u organizam unese putem uobičajenih količina hrane (jela pripremljena u domaćinstvu, hleb, pekarski proizvodi, sir), oko 20% potiče iz proizvoda od mesa. Istraživanja u studiji o sadržaju soli u proizvodima od mesa na tržištu Srbije, pokazuju da je najveći prosečan sadržaj natrijum-hlorida utvrđen u suvomesnatim proizvodima (5,09%). Ovi rezultati su očekivani s obzirom da se oni ne obrađuju toplotom, a da je, uz ostale činioce, ova količina soli potrebna da bi se ovakav proizvod učinio mikrobiološki stabilnim. Najčešći način za redukciju natrijuma u proizvodima od mesa predstavlja parcijalna supstitucija natrijum-hlorida drugim hloridnim solima, uglavnom kalijum-hloridom. U radu su prikazane mogućnosti supstitucije natrijum-hlorida nekim hloridnim solima u procesima salamurenja, sušenja i zrenja mesa. Posebna pažnja posvećena je mikrobiološkim promenama tokom ovih procesa, kao i nekim fizičko-hemijskim i enzimskim promenama.

Ključne reči: suvo svinjsko meso, natrijum-hlorid, kalijum-hlorid.

Uvod

U današnje vreme postoje mnogi značajni dokazi koji ukazuju da je konzumiranje hrane u uskoj povezanosti sa zdravljem i svi trendovi nutricionizma vode ka tome da se u hrani smanji sadržaj masti, šećera i soli. Povećan unos natrijuma može biti ključan za razvoj hipertenzije, i takva pojava se i zapaža u modernim društvima, naročito kod starijih osoba (McCarty, 2004). Unos natrijuma umnogome prevazilazi nutritivne preporuke, naročito u modernim i industrijski razvijenim zemljama. Osnovni izvor natrijuma u prehrambenim proizvodima je pokretan iz natrijum-hlorida, odnosno iz kuhinjske soli. Unos kuhinjske soli uslovljen je, ne samo fiziološkim potrebama (sportisti), nego i navikama, koje se stiču još u ranom detinjstvu, kao i tradicijom u ishrani (podneblje, odnosno klimatski uslovi, priprema hrane, resursi stoke i sl.). Od ukupne dnevne količine kuhinjske soli, koja se u organizam unese putem uobičajenih količina hrane (jela pripremljena u domaćinstvu, hleb, pekarski proizvodi, sir), oko 20% potiče iz proizvoda od mesa (Wirth, 1991).

So u proizvodima od mesa izaziva slanost (Ruusunen i Puolanne, 2005) i zajedno sa mastima doprinosi još nekim senzorskim karakteristikama. Povećanje slanosti je izraženije u proizvodima sa više masti, a u proizvodima sa većim sadržajem proteina osećaj slanosti je manji. Jedna od najvažnijih funkcija soli u proizvodima od mesa je solubilizacija funkcionalnih miofibrilarnih proteina, što aktivira proteine da povećaju hidraciju i sposobnost vezivanja vode (Water holding capacity – WHC) i, shodno tome, poboljšanje teksture proizvoda. Povećanje WHC u mesu smanjuje gubitak mase tokom kuvanja i doprinosi većoj sočnosti i mekoći proizvoda od mesa. Postoje dve hipoteze o ulozi soli u WHC mesa (Ruusunen i Puolanne, 2005). Prema Hammu (1986) joni hlora imaju tendenciju da penetriraju u miofilamente uzrokujući njihovo rastvaranje, dok Offer i Trinick (1983) tvrde da natrijumovi joni formiraju jonski „oblak“ oko filamenata. Oni baziraju svoju hipotezu na selektivnom vezivanju jona hlora za miofibrilarne proteine. Rastvoreni miofibrilarni proteini formiraju lepljivi eksudat na površini komadića mesa, koji se na taj način vezuju tokom

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

¹Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kačanskog 13, 11000 Beograd, Republika Srbija.

Autor za kontakt: Lilić Slobodan, slobo@inmesbgd.com

toplotne obrade proizvoda. Matriks proteina koaguliranih toplotom vezuju u „klopku“ slobodnu vodu. Tako, na primer, u emulgovanim proizvodima od mesa kao što su barene kobasice, rastvoreni proteini, u formi kontinuirane faze, predstavljaju film oko kapljica masti i vode.

Sadržaj soli u barenim kobasicama, nalazi se u opsegu od 1,6–2,4%, u suvim fermentisanim kobasicama 3,5–5,0%, u dimljenim proizvodima 3–4%, dok je u suvomesnatim proizvodima nešto veći i iznosi 4–7%, nekada i više (Čavoški i dr., 1990). U studiji Vranić i dr. (2009), od analiziranih uzoraka proizvoda od mesa, najveći prosečan sadržaj natrijum-hlorida utvrđen je u suvomesnatim proizvodima (5,09%), što je i očekivano s obzirom da se oni ne obrađuju toplotom, a da je, uz ostale činioce, ova količina soli potrebna da bi se ovakav proizvod učinio mikrobiološki stabilnim.

Mogućnosti smanjenja soli u proizvodima od mesa

Ruusunen i Puolanne (2005) i Desmond (2006), govore o mogućnostima smanjenja sadržaja soli u proizvodima od mesa, što se može postići na više načina: (1) smanjivanjem dodatog natrijum-hlorida (Sofos, 1983; Lilić, 2000); (2) zamenom dela NaCl drugim solima (Sofos, 1983; Terell, 1983; Guàrdia i dr., 2006; Lilić i dr., 2008; Lilić i dr., 2014; Lilić i dr., 2014a); (3) upotrebom pojačivača ukusa i maskirajućih agenasa (Desmond, 2006); (4) kombinacijom navedenih postupaka (Sofos, 1983; Terell, 1983); (5) dodavanjem začinskog bilja i ekstrakta začina u proizvode od mesa (Lilić i Matekalo-Sverak, 2007); (6) optimizacijom fizičke forme soli (Angus i dr., 2005); i (7) alternativnim procesnim tehnikama (Claus i Sørheim, 2006).

Kalijum-hlorid je načešće korišćen supstituent soli, međutim potpuna zamena nije moguća, jer već kod 50% supstitucije dolazi do pojačavanja gorkog ukusa i smanjivanja slanosti. Upotreba kalijumovih soli je često osporavana zbog moguće osetljivosti izvesnog dela populacije, kao što su ljudi oboleli od dijabetesa tip I, hronične renalne insuficijencije, od poslednjeg stadijuma bubrežnih oboljenja, ljudi sa srčanom i nadbubrežnom insuficijencijom (FSAL, 2005). Dietary Guidelines for Americans (2005) navode da ishrana bogata kalijumom slabi efekte soli na krvni pritisak i preporučuju dnevni unos kalijuma od 4,7 g.

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 dr., 2002).

U kuvanim šunkama natrijum-hlorid se može supstituisati kalijum-hloridom i 50% bez uticaja na senzorske karakteristike (Frye i dr., 1986). U šunkama, korišćenje smeše 70% NaCl i 30% KCl, odnosno smeše 70% NaCl i 30% MgCl₂, nemaju uticaj na ukus, miris, mekoću i opštu prihvatljivost u poređenju sa šunkama proizvedenim samo sa NaCl (Collins, 1997). Gou i dr. (1996) utvrdili su da ne postoje razlike u teksturi suvih fermentisanih kobasica, prilikom parcijalne supstitucije natrijum-hlorida, ali da se gorak ukus oseti već kod 30% dodatog KCl. Oni takođe navode da supstitucija od 40% sa KCl i kalijum-laktatom u sušenom mesu ne dovodi do nepoželjnih karakteristika u ukusu.

Prema navodima Ruusunen i Puolanne (2005) redukcija soli u fermentisanim kobasicama nije moguća ispod 2% zbog nemogućnosti postizanja dovoljno niske aktivnosti vode koja obezbeđuje mikrobiološku stabilnost ovih proizvoda.

Neki proizvodni procesi razvijeni su tako da se salamura ubrizgava u meso, koja sadrži KCl u kombinaciji sa kalcijum-citratom, kalcijum-laktatom, laktozom, dekstrozom, kalijum-fosfatom, askorbinskom kiselinom i natrijum-nitritom (Riera i dr., 1996).

Fosfati su takođe uspešni u redukciji soli u proizvodima, mada deluju sinergistički sa natrijum-hloridom. Oni povećavaju WHC povećavanjem jonske jačine, kada slobodne grupe sa negativnim nabojem omogućavaju da proteini vezuju više vode (Trout i Schmidt, 1984). Međutim i fosfati su nosioci natrijuma. Tako natrijum polifosfat sadrži 31,24% natrijuma u poređenju sa 39,34% koliko ga ima u natrijum-hloridu, međutim njegova upotreba je ograničena na oko 0,5% u proizvodu.

Ruusunen i dr. (2002) utvrdili su da je moguća proizvodnja bolonja kobasice i kuvane šunke sa manje soli (1,0–1,4%) i da je moguće smanjenje sadržaja natrijuma korišćenjem kalijumovih soli. Postoji još jedna mogućnost da se nadomeste tehnološki poželjne osobine NaCl, a to je upotreba ingredijenata kao što su vlakna, hidrokoloidi i skrobovi, koji omogućavaju formiranje gela i proteinskih koagulata (Collins, 1997). Jedna od mogućnosti smanjenja soli u proizvodima od mesa je i upotreba smeša pojačivača ukusa i maskirajućih agenasa. Postoji mnogo ovakvih komercijalnih smeša koje obično sadrže ekstrakt kvasca, laktate, mononatrijum-glutamat i nukleotide. Pojačivači ukusa deluju aktivirajući receptore u usnoj šupljini koji pomažu da se kompenzuje redukcija soli u proizvodu (Brandsma, 2006).

Pojedini autori (Pasin i dr., 1989) utvrdili su da je moguće smanjiti NaCl do 75% u kuvanim

kobasicama, kombinujući KCl sa komercijalnom mešavinom 5'-ribonukleotida inozin monofosfat i guanozin monofosfat. Bilo kakvo dodavanje mononatrijum-glutaminata dovodi do opadanja prihvatljivosti ukusa proizvoda i za 50% usled pojačavanja gorkog ukusa poreklom od soli kalijuma. Linguagen, USA kompanija, patentirala je bloker gorkog ukusa, adenzin 5'-monofosfat, koji deluje tako što blokira aktivaciju gustducina u ćelijama receptora za ukus i, shodno tome, prevenira stimulaciju nerva koji inerviraju receptore ukusa (McGregor, 2004). Ovaj bloker može se koristiti za unapređenje ukusa prilikom korišćenja kombinacija KCl i NaCl.

Na tržištu se nalazi još preparata kao što su „NeutralFresh“ koji uklanja metalni, gorak ukus KCl i daje ukus kao natrijumova so, zatim i „Magifique Salt-Away“ i „Mimic“, koji maskiraju gorki i metalni karakter KCl kao i „SaltTrim“.

Druge kombinacije kao što su lizini i ćilibarna kiselina koriste se kao supstituenti (Turk, 1993). Ove supstance imaju slan ukus i neke antimikrobne i antioksidativne karakteristike i mogu se koristiti da zamene do 75% soli. Za tehnološke karakteristike, odnosno vezivanje vode mogu da se koriste i fosfati, skrobovi i gume.

Gou i dr. (1996) proučavali su efekat glicina i kalijum-laktata kao supstituenta soli i utvrdili da je moguća supstitucija 40% NaCl nekim od ovih jedinjenja, koja u većoj količini daju neprihvatljiv sladak ukus. U sušenom mesu moguća je supstitucija do 40% kalijum-hloridom i kalijum-laktatom bez značajne razlike u ukusu, dok je 30% maksimalna količina za glicin.

Postoje i derivati mikoproteina (Mycoscent) pomoću kojih se može smanjiti sadržaj natrijum-hlorida za 50% u biskvitima i snack proizvodima i za 25% smanjiti sadržaj natrijuma u pikantnim jelima. Mycoscent 400 je prirodan izvor ribonukleotida i glutaminske kiseline, a ukusa je na bujon i može biti korišćen za ukus kivanog mesa (Mycoscent, 2005). Poznati su i autolizati kvasca koji naročito suzbijaju gorak ukus KCl, kao što su „Provesta“ preparati, „Aromild“ i „Maxaromeselect“. Problemi sa autolizatima su ti što imaju izražen ukus na bujon, što nije poželjno u nekim proizvodima, a neki od njih imaju tipičan originalan umami ukus. Pojednim tehnološkim postupcima teži se da se ovi preparati optimizuju za proizvode od mesa sa neutralnim ukusom i optimalnim umami efektom.

Stepen slanosti zavisi i od fizičke forme soli. So u ljuspicama se pokazala funkcionalnijom u pogledu vezivanja vode, povećavanja pH vrednosti, povećavanja rastvorljivosti proteina u model sistemima emulzija (Campbell, 1979). So u ljuspicama je bolje i brže rastvorljiva nego so u granulama i to može

biti problem kada se u formulama ne koristi voda, tako da so u ljuspicama može biti dobra za proizvod u koje se ne dodaje voda, kao što je suvo meso. Leatherhead Food International je istraživala optimizaciju fizičke forme soli i pratila promene fizičke forme soli koja postaje raspoloživija i samim tim može biti korišćena u manjoj količini. Ovo uključuje povećanje efikasnosti soli, menjanje strukture i modifikovanje percepcije soli (Angus i dr., 2005).

Promene mikrobioloških parametara

So nema direktan antimikrobni efekat. Inhibitorski efekat soli zasniva se na snižavanju aktivnosti vode u mesu. U izvesnim koncentracijama soli, osmozom se iz bakterijskih ćelija gubi voda, što usporava ili potpuno zaustavlja njihov rast. Relativno visoke koncentracije soli su potrebne za inhibiciju rasta mikroorganizama. Granične koncentracije soli iznose 5% za *Clostridium botulinum* tip E i *Pseudomonas fluorescens*, 6% za *Shigela* i *Klebsiella* vrste, 8% za *E. coli*, *Salmonella* spp., *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum* tip A i *Clostridium perfringens*, 10% za *Clostridium botulinum* tip B i *Vibrio parahaemolyticus*, 15% za *Bacillus subtilis* i bakterije porodice *Streptococcaceae*, 18% za *Staphylococcus aureus*, 25% za *Penicillium* i *Aspergillus* plesni i 26% za *Halobacterium halobium*, *Bacterium prodigiosum* i *Spirillum* vrste (Prändl, 1988).

Aliño i dr. (2009), ispitivali su efekat parcijalne supstitucije natrijum-hlorida kalijum-hloridom u količini do 70% na fizičko-hemijske i mikrobiološke parametre suvog svinjskog mesa posle salamurenja i sušenja. Mikrobiološkim analizama aerobnih mezofilnih bakterija, halotolerantnih bakterija i mlečnokiselinskih bakterija, nije utvrđena zavisnost ispitivanih mikrobioloških parametara od primenjene formulacije soli, pri čemu su dominantnu mikrofloru činile halotolerantne i mlečnokiselinske bakterije. Prema istraživanjima Yamanaka i dr. (2005), natrijum-hlorid indukuje selektivno razmnožavanje halotolerantnih i mlečnokiselinskih bakterija i suzbija rast i razmnožavanje koliformnih bakterija. Nalaz laktoza pozitivnih bakterija porodice *Enterobacteriaceae* i fekalnih koliformnih bakterija u nivou manjem od 3 cfu/g, u svim ispitivanim eksperimentalnim grupama, govori o tome da nije bilo značajnih razlika u smislu primenjenih tretmana sa mešama različitih udela natrijum-hlorida i kalijum-hlorida. *Listeria* spp. bile su utvrđene u 17%, računajući na sve uzorke suvog mesa, nezavisno od tretmana, a najveća količina je bila 1460 cfu/g, što prevazilazi njihov poželjan broj do 100 cfu/g (Risk Assessment Drafting Group,

2004). Prevalenca koagulaza pozitivnih stafilokoka i *B. cereus* bila je 33%, i to 2230 cfu/g i 1660 cfu/g. *Yamanaka i dr.* (2005), utvrdili su da su u mesu pre salamurenja bile prisutne samo Gram negativne bakterije (*Vibrio*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas* i bakterije familije *Enterobacteriaceae*), ali tokom salamurenja, broj Gram pozitivnih bakterija (*Micrococcus*, *Staphylococcus* i *Pediococcus*) raste, dok broj Gram negativnih bakterija postepeno opada. Bakterije roda *Staphylococcus* imaju snažnu tolerancu na visoke koncentracije natrijum-hlorida (više od 10%) u poređenju sa bakterijama roda *Micrococcus*, što objašnjava činjenicu prisustva stafilokoka na kraju procesa salamurenja (*Molina i dr.*, 1989; *Silla i dr.*, 1989; *Yamanaka i dr.*, 2005). *Clostridium perfringens*, sulfitoredujuće klostridije, *Salmonella* spp. i *Shigella* spp. nisu bile detektovane u analiziranim uzorcima, bez obzira na korišćenu smešu soli. Čak *Strong i dr.*, još 1970. godine izveštavaju da kalijum-hlorid inhibira rast *Clostridium perfringens* više nego natrijum-hlorid. Dobijeni rezultati *Yamanaka i dr.* (2005) ukazuju da kalijum-hlorid može da bude iskorišćen kao supstituent natrijum-hlorida u proizvodnji suvog svinjskog mesa i da to ne predstavlja rizik sa mikrobiološke tačke gledišta, što su potvrdili i *Boziaris i dr.* (2007) u in vitro uslovima. Međutim, različite studije pokazuju da je teško uraditi bilo kakvu predikciju u antimikrobnom delovanju soli i mešavina soli, zbog toga što to zavisi od mnogih faktora, kao što su temperatura, pH vrednost, inicijalna kontaminacija sirovine i vrste mikroorganizama prisutnih u mesu (*Gimeno i dr.*, 1999, 2001; *Ibáñez i dr.*, 1995, 1996).

Lorenzo i dr. (2015), utvrdili su da se ukupan broj bakterija značajno menja ($p < 0,001$) tokom četiri različita perioda soljenja. Veći ukupan broj bakterija (6,16 log cfu/g) utvrđen u svežem mesu mogao bi biti u vezi sa većom kontaminacijom komada mesa i značajnijim razmnožavanjem tokom zrenja suvog mesa u komorama. Na kraju procesa proizvodnje, značajne razlike ($p < 0,05$) utvrđene su između suvog mesa različitih grupa, pri čemu je najveći broj bakterija utvrđen u suvom mesu koje je soljeno mešavinom natrijum-hlorida i kalijum-hlorida (50:50). Ovi podaci su u saglasnosti sa rezultatima *Raccacha i Henninena* (1997) koji su utvrdili da korišćenje kalcijum-hlorida ima veći uticaj na inhibiciju rasta aerobnih mezofilnih bakterija, u odnosu na korišćenje natrijum-hlorida i kalijum-hlorida u istim količinama. Međutim, neki autori (*Aliño i dr.*, 2010; *Blesa i dr.*, 2008) nisu našli značajne razlike u ukupnom broju aerobnih mezofilnih bakterija prilikom korišćenja različitih vrsta hloridnih soli.

Supstitucija natrijum-hlorida drugim solima ima uticaj na povećanje broja halotolerantnih bakterija (*Lorenzo i dr.*, 2015). Suvo meso proizvedeno sa mešavinom natrijum-hlorida i kalijum-hlorida u podjednakim količinama i suvo meso u kome je natrijum-hlorid supstituisan sa 25% kalijum-hlorida, 20% kalcijum-hlorida i 10% magnezijum-hlorida, sadržalo je značajno veći ($p < 0,05$) broj halotolerantnih bakterija u odnosu na ostale grupe. Dobijeni rezultati nisu u saglasnosti sa podacima *Aliño i dr.* (2010) koji su utvrdili manji broj halotolerantnih bakterija kada je sadržaj natrijum-hlorida iznosio manje od 50%. Nasuprot njima, *Yamanaka i dr.* (2005) ukazuju da natrijum-hlorid indukuje selektivno razmnožavanje halotolerantnih i mlečnokiselinskih bakterija, a suzbijaju rast koliformnih bakterija.

U pogledu broja kvasaca, primećuje se statistički značajna razlika ($p < 0,01$) između tretmana (*Lorenzo i dr.*, 2015), tako da je najmanji broj kvasaca sadržalo suvo meso na kraju proizvodnje, izrađeno samo uz dodatak natrijum-hlorida, što ukazuje da su kvasci blago osetljivi na povećan sadržaj natrijum-hlorida. Ipak, u poslednjim stadijumima soljenja, kvasci se intenzivno razmnožavaju, što doprinosi stvaranju poželjnih senzorskih karakteristika suvog mesa, usled njihove proteolitičke i lipolitičke aktivnosti (*Purriños i dr.*, 2013) i njihove uloge u stvaranju isparljivih jedinjenja (*Purriños i dr.*, 2012).

Fizičko-hemijske promene

U pogledu sadržaja vlage, u suvom mesu, *Lorenzo i dr.* (2015) utvrdili su značajne razlike ($p < 0,05$) između različitih tretmana, naročito kod onih gde je, kao supstituent, korišćen kalijum-hlorid, što se može pripisati njegovom ometajućem delovanju na odavanje vode iz mesa, tokom sušenja i zrenja, što potvrđuju *Aliño i dr.* (2009a). *Armenteros i dr.* (2012), nasuprot prethodno navedenom, nisu utvrdili značajne razlike ($p > 0,05$) u sadržaju vlage u suvom mesu soljenom različitim solima u odnosu na tradicionalno soljeno meso. Međutim *Wu i dr.* (2014) ukazali su da je sadržaj vlage u bekonu gde je kao supstituent korišćen kalijum-hlorid u količini od 70%, značajno veći ($p < 0,05$) od onog u bekonu soljenom samo natrijum-hloridom.

Aktivnost vode opada tokom celog procesa sušenja i zrenja mesa (*Lorenzo i dr.*, 2015), i na kraju proizvodnje, najveći pad aktivnosti vode ($p < 0,001$) zabeležen je u suvom mesu u kome je natrijum-hlorid bio supstituisan kalijum-hloridom u količini od 50%, ali je, takođe, utvrđeno da je to posledica nešto većeg gubitka vode tokom sušenja, što je pokazala i pozitivna korelacija aktivnosti vode i smanjenja sadržaja vlage.

Prisustvo kalijum-hlorida u mesu ubrzava period soljenja, potreban da se postigne ciljani sadržaj hlorida u dubljim slojevima mesa (Aliño i dr., 2010), pri čemu se vreme skraćuje sa smanjenim sadržajem kalijuma. Ovo potvrđuju i rezultati prethodnih istraživanja (Aliño i dr., 2009, 2009a; Blesa i dr., 2008) kod kojih je utvrđeno da kalijumovi joni penetriraju lakše u mišićno tkivo u odnosu na druge katjone. Potrebno je još mnogo istraživanja da bi se objasnilo ponašanje kalijumovih jona u različitim proporcijama, naročito pri mešavini od 75% natrijum-hlorida i 25% kalijum-hlorida, čime je potrebno iznenađujuće kratko vreme da se postigne ciljna koncentracija hlorida u mesu. Dodavanje kalcijum-hlorida i magnezijum-hlorida pri istom sadržaju kalijuma produžava period soljenja. Katjoni kalcijuma i magnezijuma koji su elektronegativniji u poređenju sa katjonima kalijuma i natrijuma, čvrsto se vezuju za polarne grupe proteina i jačaju proteinske interakcije (Xiong i Brekke, 1991), što usporava proces penetracije soli u meso.

Aliño i dr. (2010a) utvrdili su da nema značajnih razlika u masi između šunki soljenih samo natrijum-hloridom i onoj proizvedenoj sa mešavinama soli. Tokom soljenja, primećuje se viši stepen penetracije kalijuma u odnosu na kalcijum i magnezijum koji teže prodiru u meso. Prisustvo kalijum-hlorida odlaže pad aktivnosti vode, a u prisustvu kalcijum-hlorida i magnezijum-hlorida usporava se penetracija soli i, shodno tome, snižavanje aktivnosti vode. Ovo ukazuje da je potrebno produžiti period soljenja do postizanja određene aktivnosti vode, koja je slična aktivnosti vode tokom tradicionalnog soljenja. To se dobro može videti iz podatka da je „post-salting period“ pri korišćenju kombinacije natrijum-hlorida i kalijum-hlorida trajao 76 dana, a pri dodavanju kalcijum-hlorida i magnezijum-hlorida 86 dana. Supstitucija natrijum-hlorida sa 50% kalijum-hlorida nema značajne efekte na kinetiku soli u odnosu na formulacije sa 100% natrijum-hlorida.

Korak koji prati proces soljenja u proizvodnji španske šunke pod nazivom „post-salting period“ odvija se pri temperaturi od oko 3°C sa ciljem sprečavanja rasta mikroorganizama, posebno *Clostridium botulinum* (Ventanas i Cava, 2001). Najrizičniji deo šunke koji može podleći mikrobiološkom kvaru su 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).

Ipak, i pri supstituciji natrijum-hlorida drugim hloridnim solima, Blesa i dr. (2008) nisu utvrdili značajne promene broja mikroorganizama pri različitim formulacijama ovih soli.

Enzimske promene

Studije nekih istraživača (Rico i dr., 1991; Toldrá i dr., 1993) ukazuju da natrijum-hlorid indukuje inhibicioni efekat na aktivnost katepsina B i katepsina B+L. Količina od 50–70% kalijum-hlorida u mešavinama soli za salamurenje značajno favorizuje aktivnost katepsina B i katepsina B+L ($p < 0,05$) u poređenu sa mesom tretiranim samo natrijum-hloridom. Aktivnost katepsina H ne menja se značajno tokom soljenja mesa različitim vrstama hloridnih soli. Rezultati ovih istraživanja ukazuju da parcijalna supstitucija natrijum-hlorida kalijum-hloridom od 50% dovodi do povećane aktivnosti katepsina B i katepsina B+L, što rezultuje produženjem procesa proteolize. Aktivnost dipeptidil peptidaze je različita pri korišćenju različitih meša za soljenje mesa, osim aktivnosti dipeptidil peptidaze II koja nije pod uticajem dodavanja različitih hloridnih soli. Aktivnost dipeptidil peptidaze I značajno je veća ($p < 0,05$) u mesu soljenom samo natrijum-hloridom u poređenju sa mesom koje je soljeno i drugim vrstama soli. Aktivnost dipeptidil peptidaze III opada značajno ($p < 0,05$) sa porastom udela kalijum-hlorida u smeši, dok se aktivnost dipeptidil peptidaze IV ne nalazi pod uticajem dodavanja različitih vrsta hloridnih soli.

Aktivnost aminopeptidaza, takođe se nalazi pod uticajem tretmana mesa različitim vrstama hloridnih soli (Armenteros i dr., 2009). Arginil aminopeptidaza pokazuje povećanu aktivnost u suvom mesu gde je natrijum hlorid supstituisan sa 50%, odnosno 70% kalijum-hlorida, a leucin aminopeptidaza u mesu gde je natrijum-hlorid supstituisan sa 70% kalijum-hlorida. Suprotno njima, metionil aminopeptidaza više je inhibirana pri povećanju sadržaja kalijum-hlorida u smeši za soljenje mesa. Efekti supstitucije natrijum-hlorida kalijum-hloridom ne pokazuje pravilnosti i jasan odnos između tretmana različitim hloridnim solima u slučaju aktivnosti alanil aminopeptidaze, u poređenju sa mesom tretiranim samo natrijum-hloridom. Autori su, takođe, utvrdili da se najznačajnije promene dešavaju na sarkoplazminim proteinima prilikom tretmana mesa osim natrijum-hlorida i drugim hloridnim solima, dok se razlike u miofibrilarnim proteinima ne zapažaju. Elektroforeogrami miofibrilarnih proteina pokazuju intenzivnu degradaciju veza između miozina i aktina tokom perioda zrenja suvog mesa (Toldrá et al., 1993). Nasuprot tome, elektroforetski profili sarkoplazminih proteina pokazuju veću gustinu veza u suvom mesu soljenom sa parcijalnom supstitucijom natrijum-hlorida drugim hloridnim solima, u odnosu na meso soljeno samo natrijum-hloridom.

Primena različitih hloridnih soli u smešama za soljenje mesa ne utiče značajno na lipolitičke procese u suvom mesu, tako da je ukupan sadržaj zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina uglavnom sličan (*Armenteros i dr.*,

2009), što je u saglasnosti i sa nalazima drugih autora (*Countron-Gambotti i Gandemer, 1999*), koji su u svojim eksperimentima izvršili parcijalnu supstituciju natrijum-hlorida kalijum-hloridom u količini od 50%.

Literatura

- Aliño M., Grau R., Baigts D., Barat J. M., 2009.** Influence of sodium replacement on pork loin salting kinetic. *Journal of Food Engineering* 95, 4, 551–557.
- Aliño M., Grau R., Toldrá F., Blesa E., Pagán M. J., Barat J. M., 2009a.** Influence of sodium replacement on physicochemical properties of dry-cured loin. *Meat Science*, 83, 423–430.
- Aliño M., Grau R., Baigts D., Barat J. M., 2010.** Influence of low-sodium mixtures of salts on the post-salting stage of dry-cured ham process. *Journal of Food Engineering*, 99, 198–205.
- Aliño M., Grau R., Fuentes A., Barat J. M., 2010a.** Characterisation of pile salting with sodium replaced mixtures of salts in dry-cured loin manufacture. *Journal of Food Engineering*, 97, 434–439.
- 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., Aristoy M., Barat J., Toldrá F., 2009.** Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl. *Food Chemistry*, 117, 627–633.
- 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.
- Bozaris I. S., Skandamis P. N., Anastasiadi M., Nychas G. J. E., 2007.** Effect of NaCl and KCl on fate and growth/no growth interfaces of *Listeria monocytogenes* Scott A at different pH and nisin concentrations. *Journal of Applied Microbiology*, 102, 796–805.
- Brandsma I., 2006.** Reducing sodium: a European perspective. *Food Technology*, 60, 3, 25–29.
- Campbell J. F., 1979.** Binding properties of meat blends, effects of salt type, blending time and post-blending storage. Ph.D. Thesis, Michigan State University.
- Claus J. R., Sørheim O., 2006.** Preserving pre-rigor meat functionality for beef patty production. *Meat Science*, 73, 287–294.
- Collins J. E., 1997.** Reducing salt (sodium) levels in process meat poultry and fish products. In A. M. Pearson and T. R. Dutson (Eds.), *Advances in meat research. Production and processing of healthy meat, poultry and fish products* (vol. 11, 283–297). London: Blackie Academic & Professional.
- Countron-Gambotti, C., & Gandemer, G. 1999.** Lipolysis and oxidation in subcutaneous adipose tissue during dry-cured ham processing. *Food Chemistry*, 64, 95–101.
- Čavoški D., Radovanović R., Perunović M., 1990.** Kvalitet polutrajnih, suvomesnatih proizvoda i barenih kobasica sa beogradskog tržišta – sa aspekta sadržaja NaCl i nitrita. *Tehnologija mesa*, 3, 105–109.
- Desmond E., 2006.** Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science* 74, 188–196.
- Frye C. B., Hand L. W., Calkins C. R., Mandigo R. W., 1986.** Reduction or replacement of sodium chloride in a tumbled ham product. *Journal of Food Science*, 51, 836–837.
- FSAI, 2005.** Salt and health: review of the scientific evidence and recommendations for public policy in Ireland. *Food Safety Authority of Ireland*.
- Gimeno O., Astiasarán I., Bello J., 1999.** Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on texture and colour of dry fermented sausages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 873–877.
- Gimeno O., Astiasarán I., Bello J., 2001.** Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on microbiological evolution of dry fermented sausages. *Food Microbiology*, 18, 329–334.
- Gou P., Guerrero L., Gelabert J., Arnau J., 1996.** Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and dry-cured pork loin. *Meat Science*, 42, 1, 37–48.
- 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.
- Hamm R., 1986.** Functional properties of the myofibrillar system. In P. J. Bechtel (Ed.), *Muscle as food* (135–200). New York: Academic Press.
- Ibáñez C., Quintanilla L., Irigoyen A., Garcia-Jalón I., Cid C., Astiasarán I., 1995.** Partial replacement of NaCl with KCl in dry fermented sausages: Influence on carbohydrate fermentation and the nitrosation process. *Meat Science*, 40, 45–53.
- Ibáñez C., Quintanilla L., Cid C., Astiasarán I., Bello J., 1996.** Dry fermented sausages elaborated with *Lactobacillus plantarum*–*Staphylococcus carnosus*. Part I: Effect of partial replacement of NaCl with KCl on the stability and the nitrosation process. *Meat Science*, 44, 4, 227–234.
- 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*.

- Lilic S., Matekalo-Sverak V., 2007.** Influence of partial replacement of sodium chloride by potassium chloride and adding of rosemary extract on taste 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 I., Pavlović M., Borović B., Rašeta M., Spalević Lj., Maslić-Strizak D., 2014.** Sensory properties of cevapčići produced with various chloride salts. Proceeding of II International Congress „Food Technology, Quality and Safety“, 385–390.
- Lilić S., Matekalo-Sverak V., Vranić D., Karan D., Rašeta M., Nikolić D., Lukić M., 2014.** Possibility of use potassium chloride in the fresh sausages production. Proceeding of II International Congress „Food Technology, Quality and Safety“, 55–59.
- Lorenzo José M., Bermúdez, R., Domínguez, R., Guiotto, A., Franco, D., Purriños, L., 2015.** Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacón salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Food Control* 50, 763–769.
- McCarty M. F., 2004.** Should we restrict chloride rather than sodium? *Medical Hypothesis*, 63, 138–148.
- McGregor R., 2004.** Taste modification in the biotech era. *Food Technology*, 58, 5, 24–30.
- Molina I., Silla H., Flores J., Monzó J. L., 1989.** Study of the microbial flora in drycured ham 2. *Micrococaceae*. *Fleischwirtschaft*, 69, 1433–1434.
- Mycoscent, 2005.** Mycoscent product details. www.Mycoscent.co.uk.
- Offer G., Trinick J., 1983.** On the mechanism of water-holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. *Meat Science*, 8, 245–281.
- Pasin G., O'Mahony G., York B., Weitzel B., Gabriel L., Zeidler G., 1989.** Replacement of sodium chloride by modified potassium chloride (co-crystallised disodium-5'-inosinate and disodium-5-guanylate with potassium chloride) in fresh pork sausages. *Journal of Food Science*, 54, 3, 553–555.
- Prändl O., 1988.** Verarbeitung des Fleisches, Grundlagen der Haltbarmachung, Fleisch: Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung, Stuttgart: Ulmer, 234–372.
- Purriños L., Franco D., Carballo J., Lorenzo J. M., 2012.** Influence of the salting time on volatile compounds during the manufacture of dry-cured pork shoulder “lacón”. *Meat Science*, 92, 627–634.
- Purriños L., García Fontan M. C., Carballo J., Lorenzo J. M., 2013.** Study of the counts, species and characteristics of the yeast population during the manufacture of dry-cured “lacón”. Effect of salt level. *Food Microbiology*, 34, 12–18.
- Raccach M., Henningen E. C., 1997.** The effect of chloride salts on *Yersinia enterocolitica* in meat. *Food Microbiology*, 14, 431–438.
- Rico E., Toldrá F., Flores J., 1991.** Effect of dry-cured process parameters on pork muscle cathepsin B, H, and L activities. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 193, 541–544.
- Riera J. B., Martínez M. R., Salcedo R. C., Juncosa G. M., Sellart J. C., 1996.** Process for producing a low sodium meat product. US Patent 5534279.
- Risk Assessment Drafting Group, 2004.** Risk assessment in ready to eat foods. <<http://www.fao.org/es/esn>>.
- Ruusunen M., Niemistö M., Puolanne E., 2002.** Sodium reduction in cooked meat products by using commercial potassium phosphate mixtures. *Agricultural and Food Science in Finland*, 11, 199–207.
- Ruusunen M., Puolanne E., 2005.** Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, Volume 70, 3, 531–541;
- Silla H., Molina I., Flores J., Silvestre D., 1989.** A study of the microbial flora of dry-cured ham. 1. Isolation and growth. *Fleischwirtschaft*, 69, 7, 1128–1131.
- Sofos J. N., 1983.** Effects of reduced salt levels on sensory and instrumental evaluation of frankfurters. *Journal of Food Science*, 48, 1691–1692.
- Strong D. H., Foster E. F., Duncan C. L., 1970.** Influence of water activity on the growth of *Clostridium perfringens*. *Applied Microbiology*, 19, 6, 980–987.
- Terrell R. N., 1983.** Reducing the sodium content of processed meats. *Food Technology*, 37, 7, 66–71.
- Toldrá F., Rico E., Flores J., 1993.** Cathepsin B, D, H and L activities in the processing of dry-cured ham. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 62, 157–161.
- Trout G. R., Schmidt G. R., 1984.** Effect of phosphate type and concentration, salt level and method of preparation on binding in restructured beef rounds. *Journal of Food Science*, 49, 3, 687–694.
- Turk R., 1993.** Metal free and low metal salt substitutes containing lysine. US Patent 5229161.
- US Department of Health and Human Services, 2005.** Dietary guidelines for Americans. 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.
- Vranić D., Saičić S., Lilić S., Trbović D., Janković S., 2009.** Studija o sadržaju natrijum-hlorida i natrijuma u nekim proizvodima od mesa sa tržišta Srbije. *Tehnologija mesa*, 50, 3–4, 249–255.
- Wirth F., 1991.** Restricting and dispensing with curing agents in meat products. *Fleischwirtschaft*, 71, 9, 1051–1054.
- Wu H., Zhang Y., Long M., Tang J., Yu X., Wang J., 2014.** Proteolysis and sensory properties of dry-cured bacon as affected by the partial substitution of sodium chloride with potassium chloride. *Meat Science*, 96, 1325–1331.
- Xiong Y. L., Brekke C. J., 1991.** Gelation properties of chicken myofibrils treated with calcium and magnesium chlorides. *Journal of Muscle Foods* 2, 21–36.
- Yamanaka H., Akimoto M., Sameshima T., Arihara K., Itoh M., 2005.** Effects of bacterial strains on the development of the ripening flavor of cured pork loins. *Animal Science Journal*, 76, 499–506.

Possibilities for substitution of sodium chloride with some salts in the production of dried pork

Lilić Slobodan, Borović Branka, Vranić Danijela

S u m m a r y: Sodium intake greatly exceeds nutritional recommendations, particularly in the modern and industrialized countries. From total daily amount of table salt that is consumed through common amounts of food (prepared meals, bread, bakery products, cheese), around 20% originates from meat products. In the study of the salt content in meat products from Serbian markets, the highest sodium chloride content is determined in dry meat products (5.09%) which is expected, because these types of products are not heat treated and because of that salt is necessary for microbiological stability. The common way to reduce the sodium content in meat products is partial substitution of sodium chloride with other chloride salts, mainly with potassium chloride. In this paper are presented the possibilities of substitution of sodium chloride with some chloride salts in the curing proces and during drying and fermentation of dried meat. The particular attentnion is dedicated to microbiological changes during these processes as well as some physico-chemical parameters and enzymatic changes.

Key words: dried pork, sodium chloride, potassium chloride.

Rad primljen: 21.11.2014.

Rad prihvaćen: 24. 11.2014