

Važnije promene proteina i lipida tokom soljenja i sušenja svinjskog mesa

Lilić Slobodan¹, Matekalo-Sverak Vesna¹, Vranić Danijela¹, Saičić Snežana¹, Okanović Đorđe², Pejkovski Zlatko³

S a d r ž a j: Konzervisanje mesa kuhinjskom solju staro je koliko i ljudsko društvo. Upotrebom soli, meso je bilo održivo duži vremenski period, nezavisno od godišnjeg doba i omogućen je transport mesa na veće udaljenosti. Pored konzerviškog efekta u suvom mesu, koji je posledica snižavanja aktivnosti vode u mesu, kuhinjska so znatno utiče na razvoj poželjnih senzorskih karakteristika, u prvom redu na slanost i teksturu. Korišćenje kuhinjske soli u proizvodnji sušenog svinjskog mesa zadržalo se uglavnom u tradicionalnoj proizvodnji u domaćinstvima. Tokom procesa soljenja i sušenja mesa, dolazi do proteolitičkih i lipolitičkih procesa koje katalizuju endogeni enzimi (enzimi mesa i masnog tkiva) i egzogeni enzimi (enzimi mikroorganizama). Delovanjem proteolitičkih enzima dolazi do razlaganja proteina na polipeptide i peptide i, sledstveno tome, do razmekšavanja mesa, odnosno formiranja poželjne teksture, dok se delovanjem lipolitičkih enzima oslobađaju masne kiseline i stvaraju isparljiva jedinjenja koja bitno utiču na miris i ukus sušenog mesa. Sušeno svinjsko meso ima svoj gastronomski značaj i deo je tradicije mnogih naroda. Istraživanja sprovedena poslednjih godina, u velikoj meri su rasvetlila procese koji se odvijaju tokom soljenja, sušenja i zrenja mesa. Međutim, potrebna su i dalja istraživanja kojima će se omogućiti očuvanje tradicije i prepoznatljivih senzorskih karakteristika suvog svinjskog mesa, naročito u industrijskoj proizvodnji. Sušeno svinjsko meso ima veliki sadržaj soli, pa zbog toga konzumiranje ovih proizvoda predstavlja određeni rizik po zdravlje potrošača, usled prekomernog unosa natrijuma, a naročito ugrožene kategorije su kardiovaskularni bolesnici i osobe sa natrijum senzibilitetom. Smanjivanje količine kuhinjske soli pri proizvodnji suvog svinjskog mesa predstavlja izazov za industriju mesa, prvenstveno zbog konzerviškog efekta koje ima so, kao i zbog njenog uticaja na senzorske karakteristike ovih proizvoda. Ipak, Svetska zdravstvena organizacija je inicirala strategiju redukcije soli i 11 evropskih zemalja je potpisalo program redukcije za 16% u sledeće 4 godine.

ključne reči: svinjsko meso, soljenje, aktivnost vode, proteoliza, lipoliza.

Uvod

Natrijum-hlorid je neophodan sastojak u proizvodima od mesa koji doprinosi, u prvom redu, ukusu, odnosno slanosti proizvoda, povećanju sposobnosti vezivanja vode (Ruusunen i Poullane, 2005) i teksturi. Upotreba samo kuhinjske soli u konzervisanju mesa odnosi se na pojam „soljenje“ (Prändl, 1988).

U industrijskim uslovima proizvodnje, natrijum-hlorid se mesu dodaje kroz soli za salamurenje, odnosno homogene mešavine natrijum-hlorida sa natrijum-nitritom ili kalijum-nitritom. Korišćenje mešavina kuhinjske soli i nitrata su skoro izbačene iz upotrebe i opravdane su samo kod dugih proce-

sa proizvodnje, kao što je proizvodnja suvomesnatih proizvoda. Upotreba samo kuhinjske soli u proizvodnji sušenog svinjskog mesa i slanine, zadržala se samo u tradicionalnoj proizvodnji, i to uglavnom u domaćinstvima.

Difuzija soli u meso i, sledstveno tome, dehidracija (gubitak vode) mesa su prilično jednostavni procesi, ali ih je ponekad teško kontrolisati, tako da može doći do grešaka u proizvodnji (Arnau i dr., 1995).

Prva faza u proizvodnji suvomesnatih proizvoda je utrljavanje soli po površini mesa (suvi postupak). Usoljeno meso se drži u hladnim prostorijama određeno vreme, a dužina perioda soljenja je u direktnoj zavisnosti od veličine komada mesa koji se

Napomena: Rad je rezultat projekta Nr. 031083 „Smanjivanje sadržaja natrijuma u proizvodima od mesa – tehnološke mogućnosti, karakteristike kvaliteta i zdravstveni aspekti“, koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke u periodu 2011–2014.

¹Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kačanskog 13, 11 000 Beograd, Republika Srbija;

²Univerzitet u Novom Sadu, Institut za prehrambene tehnologije, Bulevar Cara Lazara 1, 21 000 Novi Sad, Republika Srbija;

³Univerzitet u Skoplju, Fakultet za poljoprivredu i hranu, Aleksandra Makedonskog bb, 1000 Skopje, Republika Makedonija.

soli i temperature. Proces soljenja traje kraće kada su u pitanju manji komadi mesa i pri višim temperaturama, a difuzija soli u meso zavisi i od kvaliteta mesa i relativne vlažnosti vazduha u prostoriji (Fantazzinia i dr., 2005).

Difuzija soli u mesu je ključni proces pri proizvodnji suvog mesa, a rastvaranje soli na površini mesa je prvi faktor koji reguliše dalje prodiranje soli u meso (Sörheim i Gumpen, 1986; Gil i dr., 1999). Soljenje mesa doprinosi razvoju poželjnih senzorskih karakteristika suvog mesa kao što su slanost, koja je direktna posledica dodavanja soli mesu, i miris i ukus koji nastaju usled biohemijskih procesa, u prvom redu proteolitičkih i lipolitičkih procesa.

Jedna od osnovnih razlika između soljenog i salamurenog mesa jeste formiranje boje. Danas je opšte prihvaćena teorija enzimskog procesa formiranja boje salamurenog mesa (Prändl, 1988) koji se sastoji od oksidacije oksimioglobina (MbO_2) u metmioglobin (MetMb) koja se dešava posredstvom nitrita koji je jako oksidaciono sredstvo, a natrijum-hlorid, takođe, ubrzava stvaranje metmioglobina. Nitrit oksiduje ferocitohrom C u nitrozo-ferocitohrom C (reakciju katalizuju citohrom oksidaze), zatim se nitrozo grupa nitrozo-ferocitohroma prenosi na metmioglobin pri čemu nastaje nitrozometmioglobin (MetMbNO). Ovaj proces odvija se pod uticajem dehidrogenaze (NADH). Posle toga se nitrozometmioglobin redukuje, posredstvom NADH u nitrozomioglobin (MbNO) koji je odgovoran za stabilnu crvenu boju salamurenog mesa.

Za razliku od ovog procesa, u sušenom mesu kome nisu dodati nitrati, boja se formira aktivacijom mišićnih enzima koji omogućavaju sintezu stabilnog crvenog pigmenta cink-protoporfirina (Benedini i dr., 2008).

Na kvalitet sušenog svinjskog mesa bitno utiču kvalitet mesa i masnog tkiva, genetski faktori i starost životinja koje se kolju, kao i uslovi pod kojima se odvija proizvodnja (Guerrero i dr., 1996).

Suvo svinjsko meso, u zavisnosti od vrste, tradicije i količine soli koja se koristi prilikom soljenja, ima veoma različit sadržaj natrijum-hlorida. Lilić i dr. (2008) navode da se sadržaj soli kreće u opsegu od 5,20–12,45% u različitim suvomesnatim proizvodima, dok Vranić i dr. (2009) navode nešto manji sadržaj soli u suvom mesu (3,78–7,35%).

Današnje tendencije nalažu da se konzumira hrana sa manjim sadržajem soli, odnosno natrijuma, tako da su mnoga istraživanja usmerena na izradu suvomesnatih proizvoda sa manjim sadržajem soli o čemu svedoče ispitivanja mnogih autora (Lilić i dr., 2004a; Lilić i dr., 2004b; Andres i dr., 2005; Armenteros i dr., 2012).

Svetska zdravstvena organizacija je inicirala strategiju redukcije soli i 11 evropskih zemalja je potpisalo program redukcije za 16% u sledeće 4 godine (Lilić i Matekalo-Sverak, 2011).

Konzervišući efekat kuhinjske soli

Kuhinjska so nema direktan antibakterijski efekat. Njen inhibitorski efekat zasniva se na sposobnosti soli da snizi aktivnost vode (a_w), koja predstavlja odnos između parcijalnog pritiska vodene pare iznad proizvoda i parcijalnog pritiska pare čiste vode pri istoj temperaturi.

Pri određenoj koncentraciji natrijum-hlorida, voda izlazi iz bakterijske ćelije osmozom, što može da uspori ili potpuno prekine razmnožavanje mikroorganizama. Potrebne su relativno visoke koncentracije natrijum-hlorida za rast mikroorganizama. Granične koncentracije natrijum-hlorida za rast mikroorganizama iznose: 5% za *Clostridium botulinum* Tip E i *Pseudomonas fluorescens*; 6% za *Shigellae* i *Klebsiellae*; 8% za *E.coli*, *Salmonella* vrste i *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum* tip A i *Clostridium perfringens*; 10% za *Clostridium botulinum* tip B i *Vibrio parahaemolyticus*; 15% za *Bacillus subtilis* i bakterije familije *Streptococcaceae*; 18% za *Staphylococcus aureus*; 25% za *Penicillium* i *Aspergillus* vrste i 26% za *Halobacterium halobium*, *Bacterium prodigiosum* i *Spirillum* vrste (Prändl, 1988).

Leistner i Rödel (1975) navode da su minimalne vrednosti aktivnosti vode koje su neophodne za razmnožavanje mikroorganizama u mesu i proizvodima od mesa sledeće: 0,98 za *Clostridium botulinum* tip C i neke sojeve *Pseudomonas* vrsta; 0,97 za *Clostridium botulinum* tip E i neke sojeve *Clostridium perfringens*; 0,96 za *Flavobacterium*, *Klebsiella* i *Shigella* vrste, zatim za neke sojeve *Lactobacillus*, *Proteus* i *Pseudomonas* vrsta; 0,95 za *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *C. botulinum* tip A i B i *C.perfringens*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Serratia*, *Vibrio*; 0,94 za *Lactobacillus*, *Microbacterium*, *Pediococcus* i neke sojeve *Streptococcus*; 0,93 za neke sojeve *Lactobacillus* i *Vibrio*, *Streptococcus*, *Rhizopus* i *Mucor*; 0,92 za *Rhodotorula* i *Pichia*; 0,91 za *Corynebacterium*, anaerobne sojeve *Staphylococcus* i neke sojeve *Streptococcus*; 0,90 za *Micrococcus*, *Pediococcus*, *Saccharomyces* i *Hansenula*; 0,88 za *Candida*, *Torulopsis* i *Cladosporium*; 0,87 za *Debaryomyces*; 0,86 za aerobne sojeve *Staphylococcus*; 0,85 za *Penicillium*; 0,75 za halofilne bakterije; i 0,65 za *Aspergillus*.

Minimalne vrednosti aktivnosti vode pri kojoj mogu da se razmnožavaju kserofilne plesni

su: 0,70–0,84 za različite vrste roda *Aspergillus*; 0,69–0,71 za *Chrysosporium*; 0,83 za *Debaryomyces hansenii*; 0,78 za *Emericella indulans*; 0,70–0,77 za *Eremascus*; 0,62–0,74 za *Eurotium*; 0,61 za *Monascus bisporus*; 0,84 za *Paecilomyces variotii*; 0,79–0,83 za *Penicillium*; 0,62–0,80 za *Saccharomyces*; i 0,75 za *Wallemia sebi*.

Vrednost aktivnosti vode u sušenom svinjskom mesu zavisi od veličine i oblika komada suvog mesa, kao i dela u kome se ova vrednost određuje. U površinskim slojevima a_w suvog mesa je najniža, dok je a_w u unutrašnjim slojevima viša. Aktivnost vode sušenog svinjskog mesa, je obično, ispod 0,90, što ove proizvode čini „shelf stable“ pri sobnim temperaturama.

Ispitujući aktivnost vode suvih šunki, *Ventanas i dr.* (1989) su utvrdili da aktivnost vode koja u svežem mesu iznosi oko 0,98 opada tokom sušenja na 0,90 u *m. semimembranosus*, odnosno na 0,96 u *m. biceps femoris* (*Ventanas i dr.*, 1989). Više vrednosti u mišiću *m. biceps femoris*, očekivane su zbog toga što se ovaj mišić nalazi u središnjem sloju suve šunke.

Molina i dr. (1989) su utvrdili da aktivnost vode opada i u periodu soljenja, od 0,96 do 0,95 tokom prosoljavanja u sporom procesu proizvodnje i od 0,94 na 0,93 u brzom procesu proizvodnje. Tokom sušenja i zrenja, u sporom procesu proizvodnje, ona opada od 0,95 na 0,83, a u brzom procesu proizvodnje od 0,93 do 0,87.

Neki autori (*Leon Crespo i dr.*, 1982) su utvrdili znatno niže vrednosti aktivnosti vode u Jabugo šunki i navode 0,75 do 0,88, prosečno 0,83.

Aktivnost vode sušenog mesa pod direktnim je uticajem dodate količine soli u meso (*Lilić*, 2000). U sušenom svinjskom mesu, salamurenom sa 6% nitritne soli za salamurenje, utvrđeno je da je aktivnost vode 0,97 posle salamurenja, 0,93 posle dimljenja, 0,86 tokom sušenja i zrenja i 0,75 u gotovom proizvodu. U slučaju izrade sušenog svinjskog mesa sa upola manjom količinom nitritne soli za salamurenje (3%), aktivnost vode je bila 0,97 posle salamurenja, 0,96 posle dimljenja, 0,91 tokom sušenja i zrenja i 0,89 na kraju proizvodnje.

U svakom slučaju, neophodno je obezbediti dobre higijenske uslove pri proizvodnji sušenog svinjskog mesa (*Lilić i dr.*, 2004c), jer ono može biti nosilac patogenih bakterija kao što su *Campylobacter* vrste (*Ivanović i dr.*, 2007a; *Ivanović i dr.*, 2007b; *Ivanović i Lilić*, 2007), *Salmonella* vrste, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* i *Yersinia enterocolitica* (*Ivanović i dr.*, 2007c).

Održivost sušenog svinjskog mesa se, osim poštovanja osnovnih higijenskih principa, dodatka soli i nitrita, može obezbediti i pakovanjem, odnosno va-

kuumiranjem u PA/PE folije, o čemu svedoče navodi *Lilića i dr.* (2004b) o održivosti sušenog svinjskog mesa u trajanju od 130 dana.

Proteolitičke promene uzrokovane endogenim enzimima

Tokom procesa soljenja i sušenja mesa zapažena je intenzivna aktivnost dve grupe mišićnih proteinaza: kalpaina i katepsina. Kalpainsu su prilično nestabilni i njihova aktivnost nije detektovana posle faze soljenja (*Parreño i dr.*, 1994), dok katepsini ostaju aktivni i posle perioda soljenja (*Toldrá i dr.*, 1997). Proteoliza je ključni parametar za razumevanje nekih senzorskih i tehnoloških problema koji su se javljali u toku proizvodnje suvih šunki, kao što su povećana sočnost i pojava belog filma i belih kristala tirozina na površini šunki (*Arnau i dr.*, 1994).

Niži odnos između sadržaja soli i vode u mesu može favorizovati sočnost, zbog povećanog sadržaja vode u mesu, jer su onda proteinaze aktivne duži period, što kao rezultat ima veći stepen proteolize (*Parolari i dr.*, 1988). Pokušaji da se proizvede suvo meso sa manjim sadržajem soli su problematični, jer može doći do prekomerne proteolize, tako da ovaj proces mora biti stalno kontrolisan (*Gou i dr.*, 1996).

Intenzivna proteoliza odgovorna je za razvoj tipične teksture, mirisa i ukusa tokom soljenja, sušenja i zrenja suvog mesa (*Toldrá i dr.*, 2000), čemu može pogodovati korišćenje smeša soli sa smanjenim sadržajem natrijuma. Istraživanje proteolitičkih promena tokom ovih procesa, veoma je važna za kvalitet gotovih proizvoda.

Pojačana aktivnost katepsina B može uzrokovati prekomernu proteolizu koja za posledicu ima preveliki stepen sočnosti sušenog mesa i razvoj metalnog i gorkog naknadnog ukusa (*Parolari i dr.*, 1994).

Koncentracija natrijum-hlorida od 0,04 M na kraju prosoljavanja, deluje favorizujuće na aktivnost kalpaina i katepsina, a naročito intenzivna proteolitička aktivnost dešava se u periodu zrenja pri višim temperaturama (*Ventanas i dr.*, 1989). *Gil i dr.* (1989) ispitali su aktivnost kalpaina i katepsina D tokom proizvodnje španske šunke i utvrdili da je aktivnost kalpaina na kraju proizvodnje približno jednaka onoj u svežem mesu. Značajno povećanje aktivnosti se dešava posle izjednačavanja sadržaja soli (50. dan proizvodnje) i u površinskom (*m. semimembranosus*) i u dubinskom mišiću (*m. biceps femoris*). Aktivnost katepsina D bila je približno jednaka tokom procesa proizvodnje i bila je slična onoj u svežem mesu, pri čemu se zapaža da je aktivnost ovog

enzima u *m. biceps femoris* viša tokom celog procesa proizvodnje.

Toldrá i dr. (1991) ispitivali su proteolitičku aktivnost enzima tokom sedam meseci proizvodnje šunki i utvrdili da katepsini B, H i L pokazuju proteolitičku aktivnost tokom svih sedam meseci proizvodnje i da, na kraju sedmog meseca, njihova aktivnost iznosi 40% od one u svežem mesu. Aktivnost katepsina B opada do drugog meseca, raste od drugog do četvrtog meseca, a zatim postepeno opada do sedmog meseca proizvodnje. Aktivnost katepsina B + L opada do drugog, raste od drugog do četvrtog meseca, opada od četvrtog do petog meseca i raste od petog do sedmog meseca proizvodnje. Aktivnost katepsina H opada do četvrtog, raste od četvrtog do petog meseca i opada od petog do sedmog meseca proizvodnje. Suprotno tome, aktivnost katepsina D, prestaje posle pet meseci proizvodnje. Međutim, aminopeptidaze pokazuju dobru stabilnost. Hidrolitička aktivnost leucil hidrolaze je krajem sedmog meseca slična kao u svežem mesu, dok aktivnost arginil i tirozil hidrolaze opada u odnosu na sveže meso i iznosi 59%, odnosno 33% od inicijalne aktivnosti. Glukozidaze su veoma stabilne. B-glukoronidaza pokazuje 86% od inicijalne aktivnosti, dok N-acetil-B-glukozaamidaza 55%.

Kastelić i dr. (1996) ispitivali su specifičnu aktivnost katepsina B, B + L i S u suvim šunkama u nekontrolisanim i kontrolisanim uslovima zrenja. Oni su ustanovili da je tokom celog procesa proizvodnje njihova aktivnost viša u *m. biceps femoris* nego u *m. semimembranosus*. Aktivnost katepsina B raste u oba mišića i do 208. dana i opada tek 379. dana proizvodnje. Slična je aktivnost katepsina B + L u nekontrolisanim uslovima zrenja, dok pod kontrolisanim uslovima, njihova aktivnost raste i najviša je posle perioda prosoljavanja, a zatim opada.

Lipolitičke promene uzrokovane endogenim enzimima

Oksidacijom lipida mesa tokom proizvodnje suvog mesa dolazi do stvaranja isparljivih karbonila koji značajno utiču na miris i ukus gotovih proizvoda (*Ruiz i dr.*, 1999). Sadržaj isparljivih aldehida nastalih oksidacijom lipida u suvim šunkama je znatno veći nego kod ostalih vrsta suvog mesa usled dugog procesa proizvodnje. Potencijalno negativni efekti mogu se javiti usled stvaranja isparljivih jedinjenja u većem stepenu. Iako ova jedinjenja imaju jasan pozitivan uticaj na senzorske karakteristike suvih šunki, ukoliko se pojave u većoj količini mogu dovesti do nepoželjnog mirisa i ukusa proizvoda (*Ruiz i dr.*, 1999).

Oksidacija lipida mesa zavisi od hemijskog sastava i kvaliteta mesa i masnog tkiva koji se koriste za proizvodnju (*Ruiz i dr.*, 1999), zatim od uslova proizvodnje (*Toldrá i dr.*, 1997) i od količina i vrste aditiva i ingredijenata dodatih proizvodu (*Aguirrezabal i dr.*, 2000), a stvaranje isparljivih jedinjenja je pod direktnim uticajem dužine procesa (*Ruiz i dr.*, 1999).

Oksidacija lipida može biti većeg stepena ukoliko meso ima veći sadržaj soli, jer je so prooksidativni agens (*Coutron-Gambotti i Gandemer*, 1999). Stoga, smanjivanje sadržaja soli u proizvodnji suvog mesa, ne samo što ima značaja za zdravlje ljudi, nego ima značaja i za smanjenje stepena oksidacije lipida (*Morgan i dr.*, 2001). Takođe, oksidacija lipida je intenzivnija pri višim temperaturama.

U ukupnom procesu lipolize, tokom procesa zrenja suvog mesa, dolazi do intenzivnijeg razlaganja polarnih lipida u odnosu na neutralne lipide. So ima slab prooksidativni efekat u ovom fenomenu, bar u koncentracijama ispod 6%. Koristeći različite temperature tokom procesa sušenja (u nivoima koji se uobičajeno koriste u industriji mesa), utvrđeno je da različite temperature nemaju efekat na promene masnih kiselina različitih lipidnih frakcija (*Andres i dr.*, 2005).

Mišićne lipaze i fosfolipaze su odgovorne za lipolizu u mesu, a rezultat je pojava slobodnih masnih kiselina (*Coutron-Gambotti i Gandemer*, 1999; *Andres i dr.*, 2002). Međutim, neki autori smatraju da slobodne masne kiseline ostaju u ćelijskim membranama, gde su zaštićene od oksidacije (*Gandemer*, 2002).

I neutralni i polarni lipidi doprinose formiranju slobodnih masnih kiselina, mada se smatra da u tome polarni lipidi imaju mnogo veću ulogu (*Martin i dr.*, 1999).

Toldrá i dr. (1991) ispitivali su aktivnost mišićnih lipaza i lipaza masnog tkiva tokom proizvodnje suvih šunki i ustanovili da su mišićne lipaze stabilnije od lipaza masnog tkiva, čija aktivnost prestaje krajem petog meseca proizvodnje. Lipolitička aktivnost baznih lipaza mišićnog tkiva slična je inicijalnoj aktivnosti u svežem mesu buta. Neutralna i kiselna lizozomalna lipaza, krajem sedmog meseca sušenja imaju oko 40% od inicijalne aktivnosti. Aktivnosti esterase u mišićnom i masnom tkivu opada za 55% do 60%. Aktivnost neutralne lipaze masnog tkiva postepeno opada do sedmog meseca, dok aktivnost bazne lipaze potpuno prestaje krajem petog meseca proizvodnje. Aktivnost esterase masnog tkiva opada do petog meseca i raste od petog do sedmog meseca proizvodnje.

Proces lipolize odvija se i u anaerobnim uslovima, odnosno u sušenom mesu upakovanom pod va-

kuumom (Lilić i dr., 2007). Sadržaj slobodnih masnih kiselina (izražen kao procenat oleinske kiseline) kretao se u opsegu od 1,74–4,66% na kraju proizvodnje, posle 60 dana skladištenja od 2,82–8,06% i posle 130 dana skladištenja pod vakuumom od 6,17–15,91, u zavisnosti od vrste upotrebljene soli za salamurenje.

Proteolitičke i lipolitičke promene uzrokovane egzogenim enzimima

Za proteolizu tokom soljenja, sušenja i zrenja mesa, uglavnom su odgovorni endogeni proteolitički enzimi (tkivne proteinaze), odnosno katepsini, dipeptidilpeptidaze i aminopeptidaze, dok je akcija mikrobioloških enzima zanemarljiva usled malog rasta unutar mesa, naročito kod proizvodnje suvih šunki (Armenteros i dr., 2012 on line).

Pojedini autori (Tsvetkov i dr., 1989) utvrdili su proteolizu uzrokovanu egzogenim proteolitičkim enzimima poreklom od mikroorganizama, ispitivanjem uticaja *Lactobacillus plantarum*, soj L4 i *Micrococcus varians*, soj M115, dodatih u vidu starter kultura tokom soljenja *m. longissimus dorsi*. Šesnaestog dana zrenja, zapažena je povećana ekstraktibilnost proteina u odnosu na kontrolne grupe mesa kojima je dodat samo natrijum-hlorid. Ubrzanje procesa zrenja u grupama mesa sa dodatim starter kulturama tumači se razlaganjem proteinskih lanaca, što ima za posledicu veću ekstraktibilnost proteina u slanim rastvorima. Paralelno sa većom ekstraktibilnošću proteina povećava se i količina sulfidrilnih grupa. Zrenje sa starter kulturama, praćeno je, takođe, bržim gubitkom vode, usled nižih pH vrednosti.

Iz suvih šunki izolovani su neki mikroorganizmi sa lipolitičkim delovanjem kao što su *Staphylococcus xylosum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus curvatus*, *Cryptococcus albidus*. Smatra se da *Staphylococcus xylosum*, svojom lipolitičkom aktivnošću najviše utiče na formiranje poželjnih senzorskih karakteristika suvih šunki (Niето i dr., 1989).

Nieto i dr. (1989) izolovali su iz španskih šunki mikroorganizme koji su pokazali lipolitičku aktivnost: *Staphylococcus xylosum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus curvatus*, *Cryptococcus albidus*. Ovi autori, su takođe, zaključili da je *Staphylococcus xylosum* najznačajnija bakterija za formiranje poželjnog mirisa i ukusa suvih šunki.

Silla i dr. (1990) navode da dominantnu mikrofloru u površinskim slojevima svinjskih butova tokom brzog i sporog procesa salamurenja čine mikrokoke. Broj bakterija je veći u brzom procesu salamurenja (10^2 – 10^6 /g) od onog u sporom procesu (do 10^4 /g). Kvasci i mlečnokiselinske bakterije utvrđe-

ne su u nešto manjem broju. Broj halotolerantnih bakterija se u sporom procesu nalazi u opsegu od 10^4 – 10^6 /g, a u brzom od 10^4 – 10^5 /g. U središnjim delovima mesa, broj halotolerantnih bakterija nalazi se u opsegu od 10^2 – 10^4 /g u sporom i 10^4 – 10^7 /g u brzom procesu salamurenja. Broj mlečnokiselinskih bakterija iznosi do 10^2 /g, u sporom procesu, odnosno do 10^3 /g u brzom procesu proizvodnje broj kvasaca do 10^2 /g u sporom i do 10^5 /g u brzom procesu proizvodnje; mikrokoka od 10^2 – 10^3 /g, u sporom i od 10^2 – 10^6 /g, u brzom procesu proizvodnje.

Molina i dr. (1989) ustanovili su da u periodu prosoljavanja svinjskih butova, bakterije mlečne kiseline čine do 1,6% ukupne flore u sporom procesu i do 4,6% u brzom procesu proizvodnje. Identifikacijom na osnovu fermentacije ugljenih hidrata, utvrdili su da sve mlečnokiselinske koke pripadaju vrsti *Pediococcus pentosaceus*, homofermentativne laktobacile čine *Lactobacillus alimentarius* (43%), *Lactobacillus curvatus* (16%) i *Lactobacillus casei* var. *Rhamnosus* (5%), a od heterofermentativnih laktobacila izolovan je samo *Lactobacillus divergens*.

Cornejo i Carracosa (1991) utvrdili su da 81 od 83 vrste bakterija izolovanih iz suvih šunki čine Gram pozitivne koke, od toga 96% katalaza pozitivne koke koje pripadaju familiji *Micrococcaceae*. Od ukupnog broj, 51 vrsta redukuje nitrate u nitrite, a 13 vrsta raste na hranljivom agaru sa dodatkom 10% natrijum-hlorida i 100 ppm natrijum-nitrita. Od 31 izolovane bakterije, 88,6% je identifikovano kao *Staphylococcus xylosum*, jedna kao *Staphylococcus capitis*, a tri (8,6%) poseduju karakteristike *Staphylococcus xylosum*, *Staphylococcus capitis* i *Staphylococcus scuri*.

Zaključak

Sušeno svinjsko meso ima svoju gastronomsku vrednost i deo je tradicije mnogih naroda. Kao što se može videti, poslednjih nekoliko dekada, sprovedena su mnoga istraživanja koja su imala za cilj da rasvetle sve promene koje se dešavaju u mesu tokom soljenja, sušenja i zrenja, a koje, na bilo koji način, mogu da utiču na razvoj poželjnih senzorskih karakteristika suvog mesa.

Međutim, potrebna su i dalja istraživanja kojima će se omogućiti, u najvećoj meri, očuvanje prepoznatljivih senzorskih karakteristika, nastalih u procesima soljenja, sušenja i zrenja mesa, naročito u slučajevima upotrebe manjih količina natrijum-hlorida u ovim proizvodima.

Sušeno svinjsko meso ima veliki sadržaj soli, pa zbog toga konzumiranje ovih proizvoda predstavlja određeni rizik po zdravlje potrošača, usled prekomer-

nog unosa natrijuma, a naročito ugrožene kategorije su kardiovaskularni bolesnici i osobe sa natrijum senzibilitetom. Smanjivanje količine kuhinjske soli pri proizvodnji suvog svinjskog mesa predstavlja izazov za industriju mesa, prvenstveno zbog konzervišućeg

efekta koje ima so, kao i zbog njenog uticaja na senzorske karakteristike ovih proizvoda. Ipak, Svetska zdravstvena organizacija je inicirala strategiju redukcije soli i 11 evropskih zemalja je potpisalo program redukcije za 16% u sledeće 4 godine.

Literatura

- Aguirrezabal M. M., Mateo J., Domínguez J. M., Zumalacárregui J. M., 2000.** The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Science*, 54, 77–81.
- Andres A. I., Cava R., Ruiz J., 2002.** Monitoring volatile compounds during dry cured ham ripening by solid-phase microextraction coupled to a new direct-extraction device. *Journal of Chromatography A*, 963, 1–2, 83–88.
- Andres A. I., Cava R., Ventanas J., Muriel E., Ruiz J., 2004.** Lipid oxidative changes throughout the ripening of dry-cured Iberian hams with different salt contents and processing conditions. *Food Chemistry* 84, 375–381.
- Andres A. I., Cava R., Martín D., Ventanas J., Ruiz J., 2005.** Lipolysis in dry-cured ham: Influence of salt content and processing conditions. *Food Chemistry* 90, 523–533.
- Armenteros M., Aristoy M. C., Manuel Barat J., Toldrá F., 2012 (on line).** Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts. *Meat Science* 90, 361–367.
- Arnau J., Gou P., Guerrero L., 1994.** The effects of freezing, meat pH and storage temperatures on the formation of white film and tyrosine crystals in dry-cured hams. *Journal of Science Food Agriculture*, 66, 279–282.
- Arnau J., Guerrero L., Casademont G., Gou P., 1995.** Physical and chemical changes in different zones of normal and PSE dry cured ham during processing. *Food Chemistry*, 52, 63–69.
- Benedini R., Raja V., Parolari G., 2008.** Zinc-protoporphyrin IX promoting activity in pork muscle. *LWT Food Science and Technology*, 41, 1160–1166.
- Cornejo I., Carrascosa A. V., 1991.** Characterisation of Micrococaceae strains selected as potential starter culture in spanish dry-cured ham processes. *Fleischwirtschaft international*, 2, 58–60.
- Coutron-Gambotti C., Gandemer G., 1999.** Lipolysis and oxidation in subcutaneous adipose tissue during dry cured ham processing. *Food Chemistry*, 64, 1, 95–101.
- Coutron-Gambotti C., Gandemer G., Rousset S., Maestrini O., Casabianca F., 1999.** Reducing salt content of dry-cured ham: effect on lipid composition and sensory attributes. *Food Chemistry*, 64, 13–19.
- Fantazzinia P. T., Bortolottib V., Garavagliaa C., Gombiab M., Riccardia S., Schembric P., Virgilio R., Soresi Bordinid C., 2005.** Magnetic resonance imaging and relaxation analysis to predict noninvasively and nondestructively salt-to-moisture ratios in dry-cured meat *Magnetic Resonance Imaging* 23, 359–361.
- Gandemer G., 2002.** Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Science*, 62, 309–321.
- Gil M., Arnau J., Sarraga C., 1989.** Proteinase activities in spanish dry-cured ham manufactured with meat of different quality, Proc., Vol. III, 35th International congress of meat science and technology, august 20–25, Copenhagen, Denmark, 734–739.
- Gil M., Guerrero L., Sárraga C., 1999.** The effect of meat quality, salt and ageing time on biochemical parameters of dry-cured Longissimus dorsi muscle, *Meat Science* 51, 329–337.
- Gou P., Guerrero L., Gelabert J., Arnau J., 1996.** Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. *Meat Science*, 42, 1, 37–48.
- Guerrero L., Gou P., Alonso P., Arnau J., 1996.** Study of the physicochemical and sensorial characteristics of dry-cured hams in three pig genetic types. *Journal of Science Food Agriculture*, 70, 526–530.
- Ivanović S., Lilić S., 2007.** Presence of *Campylobacter coli* in slaughtered pigs and its resistance to antibiotics, 2nd International Congress on Animal Husbandry, New Perspectives and Challenges of Sustainable Livestock Farming, Belgrade – Zemun – Serbia, October 03–05, 23, 5–6.
- Ivanović S., Lilić S., Teodorović V., Žutić M., Žujović M., 2007a.** *Campylobacter spp.* detection in peritoneum, caecum, gall and meat of pigs using two media, *Fleischwirtschaft International*, 2, 75–78.
- Ivanović S., Žutić M., Radanović O., Lilić S., 2007b.** Klanića – mesto klanja ili izvor kontaminacije, *Biotehnologija u stočarstvu*, 23, 3–4, 101–107.
- Ivanović S., Pavlović I., Lilić S., 2007c.** Pork – Possible source of pathogens, Proceedings, I International congress „Food technology, quality and safety“, XI Symposium NODA 2007, Novi Sad, 13rd–15th November, 18–25.
- Kastelić I., Žlender B., Puizdar V., Turk V., 1996.** Examination of cathepsins B, L and S activities in carso dry-cured ham, dried in natural and controlled atmospheres, Proc. “Meat for the consumer“, 42nd International congress of meat science and technology, 1–6 september, Lillehammer, Norway, 483–484.
- Leistner L., Rödel W., 1975.** The significance of water activity for micro-organisms in meats, Section3: Water relations of foods, Academic press London, 309–323.
- Leon Crespo F., Beltran de Heredia F., Fernandez-Salguero J., Alcalá M., 1982.** Caracteristical del jamon serrano de Jabugo, 28th European meeting of meat research workers, Madrid, Spain, september 5–10, 238–240.
- Lilić S., 2000.** Istraživanje važnijih činilaca od značaja za održivost i kvalitet sušenog svinjskog mesa. Magistarska teza, Fakultet veterinarske medicine, Beograd.
- Lilić S., Karan D., Vidanović D., 2003.** Ispitivanje mogućnosti proizvodnje sušenog svinjskog mesa sa smanjenom količinom soli, 7. Međunarodni simpozijum „Savremeni

- trendovi u točarstvu“, Beograd, 29.09–03.10. Biotechnology in animal husbandry, 20, 3–4, 85–90.
- Lilić S., Popov-Raljić J., Ivanović S., 2004a.** Supstitucija natrijum hlorida kalijum hloridom u proizvodima od mesa – mogućnosti, uticaj na ukus i zdravstveni aspekti, Simpozijum „Veterinarstvo i stočarstvo u proizvodnji zdravstveno bezbedne hrane“, Herceg Novi, 21. do 25. juni.
- Lilić S., Ivanović S., Popov-Raljić J., 2004b.** Održivost sušenog svinjskog mesa upakovanog pod vakuumom, „3. Međunarodna Eko-konferencija“, Novi Sad, Tematski zbornik radova, 287–292.
- Lilić S., Ivanović S., Karan D., 2004c.** Higijenski aspekti i značaj dezinfekcije pri izradi sušenog svinjskog mesa, 15. Savetovanje „Dezinfekcija, dezinspekcija i deratizacija u zaštiti životne sredine“, Tara, 20–23. maj, Zbornik radova, 79–82.
- Lilić S., Saičić S., Matekalo-Sverak V., 2007.** Changes of free fatty acids content and odour and taste acceptability of dried pork packed under vacuum conditions, Proceedings, I International congress „Food technology, quality and safety“, XI Symposium NODA 2007, Novi Sad, 13rd–15th November, 79–82.
- Lilić S., Matekalo-Sverak V., Borović 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.
- Lilic S., Matekalo-Sverak V., Okanovic D., Vranic D., Jankovic S., 2008a.** Sodium originating from meat products – risks and health aspects, Proceedings SAFE FOOD, XII International Eco-conference, Novi Sad, 24–27th September, 277–281.
- Lilic S., Matekalo-Sverak V., 2011.** Salt reduction in meat products – challenge for meat industry, Meat technology, 52, 1, 22–30.
- Martín L., Antequera T., Córdoba J. J., Timón M. L., Ventanas J., 1998.** Effects of salt and temperature in proteolysis during ripening of Iberian ham. Meat Science, 49, 2, 145–153.
- Martín L., Córdoba J. J., Ventanas J., Antequera T., 1999.** Changes in intramuscular lipids during ripening of Iberian dry cured ham. Meat Science, 51, 129–134.
- Molina I., Silla H., Flores J., 1989.** Study of the microbial flora in dry cured ham, 3. Lactic acid bacteria, Fleischwirtschaft, 69, 11, 1708–1710.
- Morgan T., Aubert J. F., Brunner H., 2001.** Interaction between sodium intake, angiotensin II, and blood pressure as a cause of cardiac hypertrophy. American Journal of Hypertension, 14, 9, 914–920.
- Nieto P., Molina I., Flores J., Silla M. H., Bermel S., 1989.** Lipolytic activity of microorganisms isolated from dry-cured ham. Proceedings, II, session 2: Microbiology, hygiene, keepability and food safety, 35th International congress of meat science and technology, 323–327.
- Parolari G., Rivaldi P., Leonelli C., Bellati M., Bovis N., 1988.** Colore e consistenza del prosciutto crudo in rapporto alla material prima e alla tecnica di stagionatura. Industria Conserve, 63, 45–49.
- Parolari G., Virgili R., Schivazappa C., 1994.** Relationship between cathepsin B activity and compositional parameters in drycured hams of normal and defective texture. Meat Science, 38, 117–122.
- Parreño M., Cussó R., Gil M., Sárraga C., 1994.** Development of cathepsin B, L and H activities and cystatin-like activity during two different manufacturing processes for Spanish dry-cured ham. Food Chemistry, 49, 15–21.
- Prändl O., 1988.** Verarbeitung des Fleisghes, Grundlagen der Haltbarmachung, Fleisch; Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung, Stuttgart: Ulmer, 234–372.
- Ruiz J., Ventanas J., Cava R., García A., García C. A. I., 1999.** Volatile compounds of dry-cured Iberian ham as affected by the length of the curing process. Meat Science, 52, 19–27.
- Russunen M., Puolanne E., 2005.** Reducing sodium intake from meat products. Meat Science, 70, 531–541.
- Silla H., Molina I., Flores J., Silvester D., 1990.** A study of the microbial flora of dry cured ham. Fleischwirtschaft international, 1, 58–61.
- Sörheim O., Gumpen S.A., 1986.** Effects of freezing and thawing of pork on salt diffusion in wet and dry curing systems. In 32nd Eur. meet. meat res. wrks., Vol. 2, pp. 295–297.
- Toldrá F., Motilva M-J., Rico E., Flores J. 1991.** Enzyme activities in the processing of dry-cured ham, Vol. II, 37th International congress of meat science and technology, september 1–6, Kulmbach, Germany, 954–957.
- Toldrá F., Flores M., Sanz Y., 1997.** Dry-cured ham flavour: enzymatic generation and process influence. Food Chemistry, 59, 4, 523–530.
- Toldrá F., Aristoy M. C., Flores M., 2000.** Contribution of muscle aminopeptidases to flavour development in dry-cured ham. Food Research International, 33, 181–185.
- Tsvetkov T., Bakalivanov S., Bakalivanova T., Dineva B., Meranzov N., 1989.** Starter culture influence on some changes of muscle proteins during pork fillet drying, Proc., Vol. III, 35th International congress of meat science and technology, august 20–25, Copenhagen, Denmark, 802–807.
- Ventanas J., Cordoba J.J., Antequera T., Garcia C., Asensio M.A., Lopez Bote C., 1989.** Physicochemical changes during the postsalting period of iberian hams, Proc., Vol. III, 35th International congress of meat science and technology, august 20–25, Copenhagen, Denmark, 707–709.
- 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, 3–4, 249–255.

Major protein and lipid changes during salting and drying of pork

Lilić Slobodan, Matekalo-Sverak Vesna, Vranić Danijela, Saičić Snežana, Okanović Đorđe, Pejkovski Zlatko

S u m m a r y: Preservation of meat using kitchen salt is as old as human society. Use of salt made meat sustainable for longer period of time, regardless of the season and enabled its transportation to greater distances. In addition to the preservation effect on dry meat, occurring as consequence of reduced water activity in meat, kitchen salt significantly influences development of desirable sensory properties, primarily saltiness and texture. Use of kitchen salt in production of dried pork remained largely in the traditional production in households. During the process of salting and drying of meat, proteolytic and lipolytic activities occur catalyzed by endogenous enzymes (enzymes of meat and fat tissue) and exogenous enzymes (microorganism enzymes). Activity of proteolytic enzymes leads to degradation of proteins to polypeptides and peptides, and accordingly, to softening of meat, i.e. forming of desirable texture, whereas activity of lipolytic enzymes leads to releasing of fatty acids and creating of volatile compounds which have significant impact on odour and aroma of dried meat. Dried pork is important from the aspect of gastronomy and is part of tradition of many nations. Studies carried out recently have greatly explained the processes which take place during salting, drying and maturing of meat. However, additional studies are necessary in order to enable preservation of the tradition and distinctive sensory properties of dried pork, especially in industrial production. Dried pork has high salt content, therefore, consumption of these products represents a health risk to consumers, due to excessive intake of sodium, and persons suffering from cardio-vascular diseases and sodium sensitive persons are especially vulnerable. Reduction of the quantity of table salt used in production of dried pork is challenge for meat industry, primarily because of the preservation effect of the salt, as well as its effect on sensory properties of these products. Nevertheless, World health organization has initiated the strategy for reduction of salt and 11 European countries have signed the program of salt reduction by 16% in next 4 years.

Key words: pork, salting, water activity, proteolysis, lipolysis.

Rad primljen 27.11.2011.

Rad prihvaćen 29.11.2011.