Fizikalna i senzorska svojstva suhe pečenice sa smanjenim udjelom natrija

Škrlec, Andrija

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:989828

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

FIZIKALNA I SENZORSKA SVOJSTVA SUHE PEČENICE SA SMANJENIM UDJELOM NATRIJA

DIPLOMSKI RAD

Andrija Škrlec

Zagreb, siječanj, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Proizvodnja i prerada mesa

FIZIKALNA I SENZORSKA SVOJSTVA SUHE PEČENICE SA SMANJENIM UDJELOM NATRIJA

DIPLOMSKI RAD

Andrija Škrlec

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Ivica Kos

Zagreb, siječanj, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Andrija Škrlec**, JMBAG 0178105272, rođen 28. 04. 1996. u Zaboku, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

FIZIKALNA I SENZORSKA SVOJSTVA SUHE PEČENICE SA SMANJENIM UDJELOM NATRIJA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

_____

Potpis studenta

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Andrije Škrleca**, JMBAG 0178105272, naslova

FIZIKALNA I SENZORSKA SVOJSTVA SUHE PEČENICE SA SMANJENIM UDJELOM NATRIJA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:		potpisi:
1.	izv. prof. dr. sc. Ivica Kos	_____
2.	prof. dr. sc. Danijel Karolyi	_____
3.	izv. prof. dr. sc. Ivan Vnučec	_____

Sadržaj

Sažetak ..... **I**

Summary ..... **II**

1. Uvod **1**

1.1. Cilj istraživanja 2

2. Pregled literature **3**

2.1. Funkcionalnost soli u mesnim proizvodima 3

2.2. Utjecaj soli na mikrobiološku stabilnost 4

2.3. Upotreba zamjene za sol 5

2.4. Percepcija slanosti i intenzitet okusa 8

2.5. Primjeri smanjenja NaCl-a u mesnim proizvodima 9

2.5.1. Fermentirane kobasice 9

2.5.2. Suhomesnati proizvodi 11

3. Materijali i metode **13**

3.1. Proizvodnja suhih pečenica 13

3.1.1. Meso i proces salamurenja 13

3.1.2. Dimljenje 15

3.1.3. Sušenje 16

3.2. Određivanje boje 17

3.3. Mjerenje aktiviteta vode (aw) i pH vrijednosti 17

3.4. Mjerenje sadržaja natrija 18

3.5. Senzorska analiza 19

3.6. Statistička analiza 19

4. Rezultati i rasprava **20**

4.1. Relativni gubitak mase (kalo) 20

4.2. Aktivitet vode (aw) 21

4.3. pH vrijednost 23

4.4. Boja 24

4.5. Sadržaj natrija (Na) 26

4.6. Senzorska analiza 28

5. Zaključak **33**

6. Literatura **34**

Životopis **38**

Zahvala

Zahvaljujem se svome mentoru izv. prof. dr. sc. Ivici Kosu na uloženom trudu i radu, te savjetima, razumijevanju i pomoći prilikom izrade ovog diplomskog rada.
Hvala svim kolegama i prijateljima koji su bili uz mene tijekom studiranja kao i svim prijateljima koji su me pratili tijekom školovanja.
Najveća hvala mojim roditeljima i bratu koji su me podupirali, poticali i ohrabljivali tijekom studija.

Sažetak

Diplomskog rada studenta Andrije Škrleca, naslova

FIZIKALNA I SENZORSKA SVOJSTVA SUHE PEČENICE SA SMANJENIM UDJELOM NATRIJA

Cilj ovog rada bio je istražiti utjecaj djelomične zamjene natrijevog klorida s kalijevim kloridom na fizikalna i senzorska svojstva suhe pečenice. Pečenice su pripremljene prema tri tretmana. Tretman A sadržavao je u salamuri 75 % NaCl i 25 % $NaNO_2$, tretman B 50 % NaCl, 25 % KCl i 25 % $NaNO_2$, te tretman C 37,5 % NaCl, 37,5% KCl i 25 % $NaNO_2$. Tijekom procesa proizvodnje provedena su mjerenja mase, boje, aktiviteta vode (aw) i pH vrijednosti, a na kraju procesa određen je sadržaj Na te je provedena senzorna analiza pomoću hedonističkog testa. Tretman A imao je najmanji relativni gubitak mase (35,32 %), a tretman B najveći (38,38 %). Tretmani s dodanim KCl-om imali su značajno veći ($P<0,05$) aw na kraju proizvodnje u odnosu na kontrolni tretman. Najmanji sadržaj Na ustanovljen je kod tretmana C. Pečenice kontrolnog tretmana A opisane su sa značajno većim ($P<0,05$) ocjenama dopadljivosti. Temeljem rezultata može se zaključiti da je utvrđen utjecaj djelomične zamjene NaCl-a sa KCl-om na fizikalna i senzorna svojstva suhe pečenice.

Ključne riječi: smanjenje natrija, suha pečenica, natrijev klorid, kalijev klorid, senzorska svojstva, aktivitet vode

Summary

Of the master's thesis – student Andrija Škrlec**,** entitled

PHYSICAL AND SENSORY TRAITS OF DRY LOIN WITH REDUCED SODIUM CONTENT

The aim of this study was to investigate the influence of partial replacement of sodium chloride with potassium chloride on physical and sensory properties of dry loin. Dry loins were manufactured according to three treatments. Treatment A contained in dry brine 75% NaCl and 25% $NaNO_2$, treatment B 50% NaCl, 25% KCl and 25% $NaNO_2$, and treatment C 37.5% NaCl, 37.5% KCl and 25% $NaNO_2$. During the production process, measurements of mass, color, water activity (aw) and pH values were made, and at the end of the process, sodium content was determined, and sensory analysis was performed using a hedonistic test. Treatment A had the lowest relative mass loss (35.32%), and treatment B had the highest (38.38%). Treatments with added KCl had significantly higher ($P<0.05$) aw at the end of production compared to the control treatment. The lowest sodium content was found in treatment C. Dry loins of control treatment A were described with significantly higher ($P<0.05$) likeability scores. Based on the results, it can be concluded that the influence of partial replacement of NaCl with KCl on the physical and sensory traits of dry loin has been established.

Keywords: sodium reduction, dry loin, sodium chloride, potassium chloride, sensory traits, water activity

1. Uvod

Porastom broja stanovništva u svijetu, njegovim razvijanjem i povećanjem platežne moći došlo je i do veće potražnje za hranom. U tu hranu spadaju meso i mesni proizvodi. Od 1960. do 2020. broj ljudi u svijetu se i više nego udvostručio, samim tim došlo je i do povećane potražnje i proizvodnje mesa. U svijetu 2017. godine proizvedeno je oko 330 milijuna tona mesa, dok se 1960. proizvelo oko 70 milijuna tona (FAO 2019.). Stanovnici zapadne Europe prosječno pojedu između 80 i 90 kilograma mesa godišnje po osobi. Hrvati se nalaze pri kraju ljestvice u Europi, a godišnje pojedu oko 68 kg mesa. Najveći potrošači mesa u svijetu su Amerikanci i Australci, koji godišnje pojedu i više od 100 kilograma mesa (FAO 2019.).

Povećanjem potražnje za mesom i mesnim proizvodima, postepeno se razvijala i paleta proizvoda koja se nudi potrošaču. Razvijanje velikog broja proizvoda uzrokovalo je korištenje sve većeg broja i vrste dodataka, kao i povećanje količina koje se dodaju u mesne proizvode. Najpoznatiji i najčešće korišteni dodatak u mesnoj industriji je sol, odnosno natrijev klorid (NaCl), a mogu se koristiti i druge soli poput kalijevog klorida (KCl), magnezijevog klorida ($MgCl_2$) i kalcijevog klorida ($CaCl_2$). U prošlosti je NaCl imao znatno veću ulogu u upotrebi kod prerade mesa. Spoznajom da natrij (Na) iz hrane utječe na krvni tlak i uzrokuje hipertenziju koja povećava mogućnost oboljenja od kardiovaskularnih bolesti, započela je kampanja s njegovim smanjenjem u hrani i mesnim proizvodima, gdje se najčešće zamjenjuje s drugim solima. Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) preporučuje smanjenje unosa Na radi smanjenja krvnog tlaka te rizika od kardiovaskularnih bolesti, moždanog udara i koronarne bolesti kod odraslih na manje od 2 g na dan, odnosno 5 g soli na dan (WHO 2012.). WHO procjenjuje da je minimalna fiziološka potreba za natrijem 200-500 mg/dan (oko 0,5-1,25 g soli dnevno), dok prosječni dnevni unos soli, a time i Na daleko premašuju minimalne fiziološke potrebe. EFSA (European Food Safety Authority) NDA Panel et al. (2019.) smatra kako je unos 2 g Na dnevno siguran i primjeren unos za odraslu populaciju u EU. Ista vrijednost odnosi se na trudnice i dojilje. Unos Na koji se smatra sigurnim i primjerenim za djecu izveden je iz vrijednosti za odrasle, prilagođavajući se njihovoj potrebi za energijom uključujući i faktor rasta. Dnevni unos Na za djecu iznosi: 1,1 g/dan za djecu u dobi od 1-3 godine, 1,3 g/dan za djecu u dobi od 4-6 godina, 1,7 g/dan za djecu u dobi od 7-10 godina i 2,0 g/dan za djecu u dobi od 11-17 godina. Za dojenčad u dobi od 7 do 11 mjeseci predlaže se unos od 0,2 g Na dnevno (EFSA NDA Panel et al. 2019.).

U istraživanju koje je provela Food Safety Authority (FSA) 2015. godine u Sjevernoj Irskoj navodi se kako je prosječan unos soli 8,6 g/dan. Unos soli kod muškaraca veći je nego kod žena i iznosi 10,0 g/dan, dok kod žena iznosi 7,1 g/dan. Usporedba rezultata iz 2015. godine i iz 2014. godine kada je FSA provodila istraživanje u Engleskoj i Škotskoj ukazuje kako je prosječan unos soli u Sjevernoj Irskoj veći (8,6 g/dan). U Engleskoj i Škotskoj, također je unos soli (NaCl) veći od preporučene dnevne doze i iznosi 8,0 g/dan u Engleskoj i 7,8 g/dan u Škotskoj. National Diet and Nutrition Survey (NDNS) prikazuje usporedbu istraživanja iz

2014. godine sa istraživanjem iz 2018./2019. godine u kojem se navodi kako nema statistički značajne promjene u unosu soli (NaCl). Uspoređujući rezultate istraživanja koje je provodila NDNS 2005./2006. godine u Engleskoj sa istraživanjima iz 2018./2019. godine ipak je vidljivo kako se rezultati značajno razlikuju. U istraživanju 2005./2006. godine navodi se kako je prosječan unos soli iznosio 8,1 g/dan, dok 2018./2019. godine iznosi 7,5 g/dan. Muškarci su 2005./2006. godine unosili 9,3 g/dan soli, dok je unos 2018./2019. godine bio 8,3 g/dan. Žene su 2005./2006. godine unosile 7,1 g/dan soli, dok je unos 2018./2019. godine smanjen na 6,8 g/dan. Smanjenje unosa Na posljedica je smanjenja natrijevog klorida u mesnim proizvodima i sve veće osviještenosti i želje stanovništva za zdravijom prehranom. Pored kruha i mliječnih proizvoda, meso i mesni proizvodi također su vrlo važan izvor soli. U Španjolskoj se 26 % dnevne konzumacije soli unosi putem mesnih proizvoda, a u Norveškoj 24 % (European Commission 2012.)

1.1. Cilj istraživanja

Dodaci u mesnoj industriji od iznimne su važnosti i dodaju se radi postizanja specifičnih učinaka i karakteristika proizvoda. Najčešće dodavana sol je natrijev klorid, koji pozitivno utječe na smanjenje aktiviteta vode u mesu, što ima bakteriostatski utjecaj, te izrazito sudjeluje u formiranju okusa. NaCl djeluje također na aktivaciju mesnih proteina i vezanje vode u mesu, a samim time poboljšava tehnološke postupke prerade i teksturu proizvoda. Razvitkom ljudskog društva i povećanjem platežne moći, meso i proizvodi od mesa se češće konzumiraju pa je meso postalo dio svakodnevne prehrane. Povećanom konzumacijom mesa i mesnih proizvoda, uz ostalu hranu, došlo je do povećanja unosa Na u organizam. U razvijenim zemljama 75-80 % soli unese se preko prerađene hrane, 5-10 % prirodno se nalazi u hrani, a 10-15 % soli koja se konzumira dodana je tijekom kuhanja ili na stolu (Loreen i sur. 2014.). Unos soli u organizam konzumacijom mesa iznosi oko 20 % od ukupnog unosa soli iz prerađene hrane. Preveliki unos soli, odnosno Na u organizam može izazvati hipertenziju, a samim tim povećava i mogućnost oboljenja od kardiovaskularnih bolesti. Shvaćanjem tih problema, meso-prerađivačke industrije počele su koristiti zamjene za NaCl. Najčešće se kao djelomična ili potpuna zamjena upotrebljava KCl, ali mogu se još koristiti i $MgCl_2$ i $CaCl_2$. KCl ima slična tehnološka svojstva kao i NaCl, ali ne i kada su u pitanju senzorska svojstva proizvoda. KCl ima specifičan gorak i metalni okus na kojeg potrošači nisu navikli. Stoga je cilj ovog istraživanja istražiti utjecaj djelomične zamjene NaCl-a s KCl-om u različitim omjerima na tehnološka i senzorska svojstva suhe pečenice.

2. Pregled literature

2.1. Funkcionalnost soli u mesnim proizvodima

Sol se od davnih vremena koristi kao dodatak za očuvanje mesnih proizvoda i najčešće je korišten dodatak u proizvodnji mesnih proizvoda. Uloga soli u mesnim proizvodima vrlo je različita. Neke od uloga su aktivacija proteina, povećavanje sposobnosti vezanja vode, pozitivan utjecaj na vezivna svojstva proteina za poboljšanje teksture, doprinosi okusu proizvoda, a ima i bakteriostatsko djelovanje.

Hamm (1972.) i Offer i Knight (1988.) objavili su opsežne pregledne radove o tehnološkim efektima soli u mesu. Navedeni radovi koncentrirali su se na natrijevom kloridu i fosfatima, ali i ostalim kloridnim solima i solima slabih kiselina. Hamm (1972.) zaključuje kako interakcija NaCl i funkcionalnih skupina proteinskih lanaca uzrokuje odbijanje između miofibrilarnih proteina (miofilamenata), što rezultira bubrenjem miofibrila ili čak uzrokuje djelomično otapanje miofilamenata, a posljednje je posljedica odbijanja pojedinih molekula i vezanja vode. Molekule vode su polarne i orijentiraju se tako da u slučaju pojave negativne ionske skupine pozitivan dio će biti okrenut prema toj ionskoj skupini. Dodatni slojevi molekula vode bit će formirani u takozvani monomolekularni sloj sa sličnim orijentacijama. Sve molekule vode su više ili manje pod utjecajem privlačnih sila uzrokovanih polarnim grupama proteina. Polarne grupe bočnih lanaca aminokiselina proteina vežu molekule vode na površini Van der Waalsovim silama. Suprotno, nepolarne strane lanaca aminokiselina guraju polarne molekule vode tvoreći strukturu u obliku luka oko nepolarnih grupa. Kombinirani učinak je da se molekule vode povlače i guraju između miofilamenata stvarajući napetost koja prisiljava molekule vode na stvaranje čvrstog oblika u proteinskoj mreži i poprečnih elemenata, poput poprečnih mostova i Z-linija.

Čimbenici koji utječu na inhibiranje neograničenog bubrenja su aktinomiozinske veze između miofilamenata te Z-linije u strukturi mišićnih sarkomera. Količina vezane vode određuje se neto nabojem proteina koji izaziva odbijanje proteinskih lanaca koje povećavaju vezanje vode, te po broju i jačini poprečnih mostova koji ograničavaju vezivanje.

Utjecaj NaCl-a na različite proteine u mesu je vrlo kompleksan, a kompleksnost uzrokuju različite kombinacije koncentracija dodanog NaCl, KCl i fosfata koji djeluju istovremeno (Hamm 1972., Offer i Knight 1988.). Topivost miozina uzrokovana je porastom koncentracije NaCl-a sa 0,04 do 0,5 M. Nakon početnog skupljanja miofilamenata, strukture počinju disocirati u sadržaju soli višem od 0,25 M. Bubrenje miofibrila počinje na 0,5 M bez dodanih fosfata i na 0,4 M sa dodanim fosfatima, gdje također počinje izrazita ekstrakcija miozina. Bubrenje ovisi o pH (Hamm, 1972., Offer i Knight 1988.). Bez soli postoji maksimum na pH 3,0, a minimum kod prosječne izoelektrične točke proteina mesa pri pH 5,0 i odatle neprestani porast unutar fiziološkog raspona pH. Tijekom selektivnog vezanja iona, sol pomiče izoelektričnu točku. Sa 2 % NaCl-a, izoelektrična točka i minimalno bubrenje je na pH

4,0 (Hamm 1972.). Wilding i sur. (1986.) utvrdili su kako hipertonične otopine soli (KCl i KI) uzrokuju skupljanje vlakana pri pH ispod izoelektričnih točaka miofibrilanirh proteina (pH 5,0), što zapravo znači da se izoelektrična točka spustila na niže vrijednosti.

2.2. Utjecaj soli na mikrobiološku stabilnost

Kuhinjska sol (NaCl) je uglavnom dodana namirnicama kako bi poboljšala okus, ali i kao sredstvo za povećanje održivosti. Povijesno, sol je bila među vrlo rijetkim, poznatim i učinkovitim dodacima hrani. S dolaskom rashladnih sistema, učinkovitije prerade, pakiranja, transporta i skladištenja, smanjila se potreba za visokim udjelom soli u proizvodima. Ipak, vjeruje se da je sol važan faktor u složenom sustavu konzerviranja koji uključuje određene namirnice, a posebno suhomesnate proizvode. U tim proizvodima, NaCl ima učinak na rok trajanja proizvoda i inhibiciju patogenih mikroorganizama (Sofos i Busta 1980).

Jako slano, sušeno i dimljeno meso bilo je uobičajeno u ranijim vremenima (Marsden 1980.). Glavno, ako ne i jedino, sredstvo za zaštitu tih slanih, ali trajnih proizvoda bio je NaCl. Budući da je glavni razlog dodavanja NaCl-a u te proizvode zaštita od mikroorganizama, njegovo antimikrobno djelovanje u tim slučajevima može se nazvati direktno. Samo se pojedino sirovo meso, riba i riblji proizvodi proizvedeni u ograničenim količinama i za određene segmente stanovništva gotovo u potpunosti oslanjaju na visoke koncentracije NaCl-a za očuvanje (Hauschild 1980.). Smanjenje tako velikih koncentracija NaCl-a moguće je zbog uključenja dodatnih faktora prilikom prerade i dodavanja konzervansa zajedno s NaCl-om u meso. U današnjim mesnim proizvodima, upotreba nitrita, hlađenja i pakiranja su među promjenama koje su omogućile smanjenje dodatka NaCl-a u odnosu na količine koje su se koristile u prethodnim stoljećima, dok su stabilnost i sigurnost proizvoda poboljšani (Cerveny 1980.). Osim toga, aromatična i funkcionalna svojstva NaCl-a u mnogim od današnjih proizvoda su također vrlo važni pa se antimikrobno djelovanje soli u tim današnjim proizvodima može smatrati neizravnim. Drugi razlog zašto se antimikrobno djelovanje NaCl-a u hrani još smatra neizravnim, odnosi se na njegove učinke na korisne mikroorganizme koji su uključeni u fermentaciju hrane.

Postoji opsežna literatura koja navodi kako NaCl ima antibotulinsku aktivnost u suhomesnatim proizvodima. Pivnick i Barnett (1965.) navode kako malo povećanje koncentracije NaCl-a značajno djeluje na sprječavanje proizvodnje toksina *Clostridium botulinum*. Do stvaranja toksina nije došlo u bolonjskoj kobasici koja je bila skladištena četiri tjedna na 30 ^{o}C, a u sebi je sadržavala 3,0 % NaCl-a, dok u istoj kobasici koja je sadržavala 2,2 % NaCl-a je već nakon tjedan dana kod temperature 30 ^{o}C došlo do stvaranja toksina. Vakuumski pakirano meso i kobasice s koncentracijama NaCl-a od 4 % u slanoj otopini pokazale su malu zaštitnu ulogu od *Clostridium botulinum*, čak i uz prisutnost 50 do 100 ppm dodanog nitrita. Bečka kobasica sa 4,5 – 4,8 % NaCl-a posjedovala je znatno antibotulinsko

djelovanje, čak i uz odsustvo nitrita. Generalno, slane otopine s koncentracijom manjom od 4,5 % imaju slabu zaštitnu ulogu protiv *Clostridium botulinum.* U istraživanju koje je proveo Hauschild i sur. (1982.) navodi se kako koncentracije slane otopine od 3,8 – 4,2 % i 50 do 100 ppm dodanog nitrita su nedjelotvorne protiv *Clostridium botulinum* u jetrenim kobasicama, dok je 150 ppm dodanog nitrita pridonijelo većoj učinkovitosti. Više koncentracije u slanoj otopini pokazale su antibotulinsko djelovanje čak i kod 50 do 100 ppm nitrita. Trenutno korištene koncentracije NaCl-a neadekvatne su kako bi kompletno inhibirale rast sporeformirajućih mikroorganizama, čak i u kombinaciji s drugim faktorima. Zaštita mesnih proizvoda ostvarena je kombinacijom dodanih soli, smanjenom kontaminacijom, hlađenjem, pH, stupnjem toplinske obrade i ostalim čimbenicima uključenim u proizvodnju i formiranje proizvoda (Sofos i Busta 1980.). Mnoga istraživanja pokazala su važno sinergističko djelovanje NaCl-a i $NaNO_2$ protiv *Clostridium botulinum* u sušenom mesu (NRC 1981; 1982.).

Kloridne soli koje su predložene i u ograničenom opsegu testirane kao zamjena NaCl-a u prerađenoj hrani uključuju KCl, $MgCl_2$ i $CaCl_2$. Objavljena istraživanja previše su limitirana da pružaju odgovore na veliki broj pitanja u odnosu djelomične ili kompletne zamjene NaCl-a i antimikrobne aktivnosti u prerađenoj hrani. Istraživanje koje je proveo Terrell i sur. (1982.), testirali su učinak NaCl-a, KCl-a, $MgCl_2$ i $CaCl_2$ na ukupan broj aerobnih kolonija u svinjskim kobasicama hlađenim 12 dana. Koncentracija soli testirane na osnovi ionske snage ekvivalentne vrijednosti 2,5 % NaCl-a nije dovelo do značajnih razlika u aerobnom broju kolonija među različitim tretmanima soli. Dodatna ispitivanja istih autora (Terrell i sur. 1982.) testiraju zamjenu NaCl-a sa 25 % smjese od 70 % $MgCl_2$: 30 % KCl. Nije bilo značajnijih promjena u aerobnom broju kolonija u različitim tretmanima nakon skladištenja na temperaturama hlađenja kroz 12 dana. Terrell i sur. (1983.) također su ispitali utjecaj NaCl-a, KCl-a i $MgCl_2$ na ionskoj snazi ekvivalentnoj 2,5 % i 1,25 % NaCl-a u mljevenoj svinjetini koja je bila inokulirana s *Moraxella, Micrococcus* i *Lactobacillus* sp. i skladištena na 5 ^oC. Tijekom deset dana skladištenja *Moraxella* i *Micrococcus* sp. nisu rasli ni u jednom tretmanu, uključujući i nenasoljene proizvode. Bakterije *Lactobacillus* sp. tijekom 5 dana skladištenja povećale su broj na 10^8 cfu/g. Rezultati su bili slični bez obzira na prisutnost ili odsutnost soli, vrste soli i količine soli. Visoka početna razina inokulacije od 10^5 cfu/g u ovim studijama, kao i opća priroda mikroorganizama je možda pridonijela nedostatku većih razlika u rastu među tretmanima sa ili bez soli i sa različitim koncentracijama soli.

2.3. Upotreba zamjene za sol

Jedna od najvećih prepreka zamjeni soli u mesnim proizvodima je cijena, kako je sol jedna od najjeftinijih dodataka hrani. Također, potrošači su navikli na sol putem prerađene hrane, tako da će je u nekim slučajevima biti teško zamijeniti. Najčešće i najšire korištena zamjena za NaCl jest KCl. KCl je sol koja se koristi kao zamjena u proizvodima koji imaju smanjenu ili

reduciranu količinu natrija. Međutim, kod smjesa iznad 50:50 NaCl : KCl u otopini, značajno se povećava gorčina i gubi se opažanje slanosti.

Istraživanja pokazuju kako se čini da je zamjena u raspon 25-40 % prihvatljiva i u tom rasponu utjecaj na okus nije tako uočljiv. Kako se povećava intenzitet pojedinog okusa kao što je slano, kiselo ili začin, veći udio KCl-a može biti prihvatljiviji (Price 1997.). U kuhanim šunkama utvrđeno je da je 50 %-tna zamjena s KCl-om dala vrhunsko vezivanje i prihvatljivi senzorni rezultat (Frye i sur. 1986.). U rezanim i formiranim šunkama, Collins (1997.) navodi da se šunke proizvedene upotrebom 70 % NaCl i 30 % KCl ili 70 % NaCl i 30 % $MgCl_2$ nisu razlikovale u pogledu okusa, mekoće i opće prihvatljivosti u odnosu na šunke napravljene sa 100 % soli NaCl-a.

U fermentiranim kobasicama, Gou i sur. (1996.) nisu pronašli značajnu promjenu u teksturi proizvoda koristeći KCl za zamjenu NaCl-a. Gorak okus osjetio se kod 30 % zamjene iako panelisti intenzitet nisu smatrali važnim dok nije dosegnuta razina od 40 %. Ovi autori također navode da u sušenim kareima, KCl i kalij laktat mogu zamijeniti 40 % NaCl-a bez ikakvog značajnog utjecaja na okus. U jednom istraživanju je predstavljen prijedlog za postizanje niskog udjela natrija u sušenim mesnim proizvodima dobiven injektiranjem mesa sa otopinom koja sadrži KCl u kombinaciji s kalcijevim citratom, kalcijevim laktatom, laktozom, dekstrozom, kalijevim fosfatom, askorbinskom kiselinom i natrij nitratom (Riera i sur. 1996.). U zaključku se tvrdi da se tim postupkom može proizvesti kuhana šunka s malo natrija, bez gubitka mase i s okusom koji je identičan kuhanoj šunki s „normalnim“ udjelom natrija. Istraživanja su također pokazala kako fosfati mogu biti jako korisni u smanjivanju sadržaja natrija u mesnim proizvodima (Barbut i sur. 1988.). Osim fosfata, istraživani su i drugi dodatci u proizvodima s nižim sadržajem soli koji poboljšavaju vezanje mesnih dijelova u restrukturiranim i reformiranim mesnim proizvodima i/ili utječu na svojstvo vezanja vode gotovog proizvoda. Postoji širok izbor sastojaka koji se mogu koristiti u tu svrhu i uključuju funkcionalne proteine, vlakna, hidrokoloide i škrob. Gel matrica nastala s tim alternativnim sastojcima koji osiguravaju vezanje kombinacijom koagulacije proteina i stvaranja gela, a ne izravno interakcijom s mišićnim proteinima (Collins 1997.).

U Irskoj je znanstveni odbor FSAI (FSAI 2005.a) bio mišljenja da upotreba soli s malo natrija, a to uključuje i kalijeve soli, ne mogu biti odobrene. Izražena je zabrinutost zbog moguće ranjivosti određenih podskupina stanovništva (uključujući one sa dijabetesom tipa 1, kroničnom bubrežnom insuficijencijom, krajnjim stadijem bubrežne bolesti, mogućeg zatajenja srca i nadbubrežne insuficijencije) od velikog opterećenja kalijem iz tih nadomjestaka soli. Također je primijećeno kako se upotreba nadomjestaka soli ne odnosi na potrebu smanjenja pragova okusa soli u populaciji. Američke prehrambene smjernice (US Dietary Guidelines 2005.) također komentiraju učinak koji bi neki nadomjesci soli imali na određene osobe, međutim također navode kako kalijem bogata hrana oslabljuje utjecaj soli na krvni tlak. Preporučeni dnevni unos kalija kako se navodi u Uredbi (EU) br. 1169/2011 Europskog parlamenta i vijeća je 2000 mg (2g).

Usprkos tome, FSAI (2005.) smatra kako je većina istraživanja fokusirana na smanjenje unosa natrija djelomičnom zamjenom sa KCl-om. Prema Ruusunen i sur. (2005.) upotreba smjesa mineralnih soli je dobar put prema smanjenju sadržaja natrija u mesnim proizvodima. Ista percepcija slanosti može se postići i s mješavinama soli pri nižim sadržajima natrija. Neki od tih mješavina su komercijalizirani kao što je Pansalt (Oribalt) koji je patentirana zamjena soli gdje je gotovo polovica natrija maknuta i zamijenjena sa kalij kloridom, magnezij sulfatom i esencijalnom aminokiselinom L-lizin hidroklorid. Prema proizvođaču, uporaba aminokiselina pojačava slanost nadomjeska soli i maskira okus kalija i magnezija, dok pojačava izlučivanje natrija iz ljudskog tijela. Ostale dostupne komercijalne smjese NaCl-a i KCl-a uključuju Lo salt (Lo Salt), Saxa So-low sol (Saxa) i Morton Lite Salt (Morton Salt). Studije Morton Salt utvrdile su kako šunka, slanina i pureća šunka proizvedene s Morton Lite Salt sa 60 : 40 smjesom NaCl : KCl imaju slične ocjene okusa prema proizvodima kontrolne skupine.

Prema Ruusunen i Puolanne (2005.), jednostavno smanjivanje soli u proizvodima nije moguće zbog niskog aw-a do kojeg se mora doći radi kontrole mikrobne flore. Ruusunen i sur. (2002.) te Ruusunen i sur. (2005.) istraživali su upotrebu fosfata u kuhanim mesnim proizvodima s reduciranim udjelom natrija. Fosfati su generalno korišteni u mesnim proizvodima kako bi povećali kapacitet vezanja vode i poboljšali prinos prilikom toplinske obrade. Oni povećavaju kapacitet vezanja vode u svježem mesu i suhomesnatim proizvodima, povećavajući ionsku snagu, koja oslobađa negativno nabijene strane na proteinima mesa, tako da proteini mogu vezati više vode. Funkcionalnost fosfata je uvelike pod utjecajem dodavanja soli i oba ova sastojka djeluju sinergistički. U smislu smanjenja natrija, neki fosfati su natrijeve soli, međutim razina upotrebe je znatno niža od NaCl-a. Natrijev polifosfat sadrži 31,24 % Na, uspoređujući sa 39,34 % u NaCl-u i obično je korišten s 0,5 % uspoređujući sa razinom upotrebe soli od 2,4 %. Kalijeve soli fosfata također su komercijalno pristupne i jednako su učinkovite u smislu vezivanja vode, geliranja ili ionske snage kao i natrijeve soli. Ruusunen i sur. (2002.) ukazuju kako je moguće proizvesti bolonjske kobasice i kuhanu šunku sa smanjenim sadržajem soli (1,0-1,4 %) ako su dodani fosfati. Stoga je smanjenje sadržaja natrija moguće postići zamjenom natrijevog fosfata s kalijevim fosfatom.

Smanjenje sadržaja soli zamjenom NaCl-a u suhomesnatim proizvodima s kalijevim kloridom, kalcijevim kloridom i magnezijevim kloridom utječe se na lipolitičku stabilnost proizvoda (Zhang i sur. 2015.). Smanjenje od 70 % NaCl-a povećalo je lipolizu oleinske, palmitinske i linolne kiseline, kao glavnim slobodnim masnim kiselinama (Lorenzo i sur. 2015.), dok je zamjena do 50 % ukazala na male razlike u lipolitičkim reakcijama (uglavnom pojedinačne PUFA) u usporedbi s konvencionalnim tretmanima soli (Cittadini i sur. 2020.). Supstitucija NaCl-a mogla bi uzrokovati oksidaciju lipida, utječući na stvaranje hlapljivih spojeva čija je razina visoka tijekom faze sušenja i zrenja (Domínguez i sur. 2019.). Upotreba drugih kloridnih soli mogla bi modificirati aktivnost nekih endogenih enzima, koji bi pojačali reakcije proteolize. Kao rezultat, zabilježene su veće količine slobodnih aminokiselina u suhomesnatim proizvodima (Domínguez i sur. 2016; Zhou i sur. 2020.), a najzastupljenije su

bile leucin, valin, alanin i fenilalanin. Ove slobodne aminokiseline mogu imati utjecaj na senzorna svojstva jer je njihova koncentracija povezana sa gorkim okusima (Pérez-Santaescolástica i sur. 2018.). Uporaba dikloriranih soli ($CaCl_2$ i $MgCl_2$) povećala je aktivnost katepsina što je dovelo do većeg indeksa proteolize, dok je $ZnCl_2$ malo inhibirao aktivnost u sušenoj svinjetini (Zhang i sur. 2020.). Promjene koje se javljaju u strukturi miofibrilarnih proteina mogli bi biti odgovorni za moguć odnos između proteolize i oksidacije proteina u mesnim proizvodima s niskim udjelom natrija (Gan i sur. 2019.). Zamjena natrijevog klorida sa kalijevim kloridom dovela je do povećane oksidacije proteina, što se odražava u višem udjelu karbonila, dok je udio tiola smanjen (Zhou i sur. 2020; Wu i sur. 2016.). Spomenuti učinci mogli bi prouzročiti izmjene u osjetnim svojstvima proizvoda što bi moglo utjecati na prihvaćanje proizvoda od strane potrošača. Kako se navodi, što je postotak zamjene soli veći to je zamijećen veći utjecaj, pogotovo kada se zamjena vrši s kalijevim kloridom (Vidal i sur. 2020.). Generalni zaključci su da nadomjesci soli mogu utjecati na glavna senzorna svojstva, ovisno o proizvodu i udjelu zamjene natrijevog klorida.

2.4. Percepcija slanosti i intenzitet okusa

Senzorna osjetljivost se može definirati kao sposobnost otkrivanja ili prepoznavanja okusnih podražaja. Uvjeti pod kojima se određuje prag uvelike utječu na rezultirajuću vrijednost. Uz to, osjetljivost pojedinaca varira zbog utjecaja brojnih endogenih i egzogenih varijabli. Opažena slanost natrijevog klorida u mesnim prerađevinama izazvana je uglavnom zbog Na^+ kationa i Cl^- aniona (Miller i Barthoshuk 1991.). Receptori slanog okusa okupani su slinom i prilagođavaju se razini natrija u ovoj tekućini. Da bi se izazvao slani osjećaj, ova razina mora biti premašena za zadani iznos kod pojedinaca. Utvrđeno je da NaCl pojačava karakterističan okus mesnih proizvoda (Ruusunen i sur. 2001.)

Slanost i intenzitet okusa ovise o sadržaju soli u mesnim proizvodima (Crehan i sur. 2000.). Prehrambenim proizvodima mora se dodati određena količina soli kako bi se mogla uopće razaznati razlika u okusu. Mala količina NaCl-a može biti slatkog okusa (Beauchamp i sur. 1982.) što nije prikladno u mesnim proizvodima. Slatki okus je vjerojatno posljedica stimulacije receptora koji posreduju u percepciji slatkog, a ne stimuliraju receptore koji posreduju u percepciji natrijevog klorida (Barthoshuk i sur. 1978.). Percepcija mnogih karakteristika okusa uvelike ovisi o prirodi matrice hrane. Matrica hrane igra važnu ulogu u kontroli ispuštanja okusa u svakom koraku pripreme i potrošnje prehrambenih proizvoda (Mattes 1997.).

Osjetljivost na NaCl bio je najviše opsežno proučavani parametar s obzirom na hipertenziju. Fallis i sur. (1962.) bili su prva skupina za procjenu otkrivanja i pragova prepoznavanja NaCl-a kod normotenziva i hipertenziva. Iako nisu uočene razlike u pragovima otkrivanja NaCl-a, hipertenzivi su pokazivali povišene pragove prepoznavanja. Iako mnogi ljudi natrijev klorid dodaju za poboljšanje okusa hrane, njihova se sklonost može promijeniti, jer na korištenje

utječu uobičajene prehrambene navike. Korištenjem hrane sa smanjenim udjelom soli kroz nekoliko tjedana ili mjeseci dovodi do navikavanja na takve proizvode (Blais i sur. 1986.). Postoje razne hipoteze o tome zašto prehrana s različitim sadržajem soli mijenja preferenciju na sol, na primjer promjenom sadržaja natrija u slini. Stoga pristranost pojedinca prema soli može biti promijenjena, ali ne nužno lako, jer niži sadržaj soli u hrani u početku ne ispunjava očekivanja, običaje i sklonosti. Ljudi se lakše naviknu na okus slanih proizvoda nego na proizvode sa smanjenim udjelom soli (Bertino i sur. 1986.).

Način na koji se dodaje NaCl utječe na to kakva će percepcija slanosti biti. NaCl ima koncentriraniji okus ako se pospe po kuhanom mesu umjesto po sirovom mesu prije kuhanja. Ako se NaCl pospe samo na kuhani odrezak, biti će ga upola manje potrebno kako bi se postigla ista razina opažene slanosti (Ruusunen 1985.). Masnoća i NaCl zajedno doprinose mnogim senzornim svojstvima. Kada razina NaCl-a poraste, više je uočljiv u masnim nego kod nemasnih proizvoda (Matulis i sur. 1994.). Međutim Ruusunen i sur. (2001.) pokazali su da sadržaj masti u kuhanim kobasicama utječe na percepciju slanosti na različite načine, ovisno o sastavu. Zamjenom nemasne svinjetine sa svinjskom masti, povećavajući tako sadržaj masti i istovremeno smanjujući sadržaj proteina, opažena slanost kobasica povećava se, ali zamjenom vode masnoćom na osnovi jednake mase, opažena slanost kobasice ne mijenja se. Stoga povećanje sadržaja proteina u smjesi treba smanjiti uočenu slanost. Ovaj rezultat potvrđen je u pljeskavicama. Kod pljeskavica sa višim udjelom nemasnog mesa trebalo je dodati više soli kako bi se postigla ista percepcija slanosti kao kod pljeskavica s višim udjelom masti (Ruusunen i sur. 2005.). U pljeskavicama, sadržaj masti imao je manji utjecaj na uočenu slanost, nego sadržaj nemasnog mesa i njihovi učinci na percipiranu slanost su bili suprotni. Također je poznato da je osjećaj slanosti veći u onim mesnim proizvodima gdje je voda slabo vezana.

2.5. Primjeri smanjenja NaCl-a u mesnim proizvodima

2.5.1. Fermentirane kobasice

Sol, nitriti, pH i temperatura kontroliraju fermentaciju, kao i sigurnost i kvalitetu suhog fermentiranog mesnog proizvoda (Leistner i sur. 1971.). Svi su međusobno povezani, a ako se jedan od ovih čimbenika smanji, to bi trebalo nadoknaditi povećanjem jednog ili više ostalih čimbenika kako bi se zadržala ista sigurnost i tehnološka kvaliteta proizvoda. Petäjä i sur. (1985.) zaključili su da je 2,5 % NaCl-a donja granica za kvalitetne fermentirane kobasice, ali s 2,25 % kobasice su manje čvrste, a tipična aroma je slabija i prinos niži nego kod većeg sadržaja soli. Također, Stahnke (1995.) je otkrio da nizak sadržaj NaCl-a pogoduje smanjenju pH.

U istraživanju Cimeno i sur. (2001.) NaCl je zamijenjen s kalijevim, magnezijevim i kalcijevim kloridom čime su uspjeli smanjiti sadržaj NaCl-a za oko 50 %. Istraživanje se provodilo na

dvije vrste suhih fermentiranih kobasica, jedna vrsta kobasica sa tradicionalnom formulacijom koja je služila kao kontrola i druga sa smanjenim sadržajem natrija (modificirani proizvod). Sirovina, sastojci osim soli i tehnološki postupak bili su isti za obje vrste kobasice. Obje vrste pripremljene su prema standardnoj formulaciji od 75 % nemasnog svinjskog mesa i 25 % čvrstog masnog tkiva. U kontrolnoj kobasici količina i udio sastojaka iznosio je: NaCl 26 g/kg, dekstrin 15 g/kg, laktoza 10 g/kg, dekstroza 3 g/kg, polifosfati 2 g/kg, natrijev askorbat 0,5 g/kg, $NaNO_2$ 0,2 g/kg, crvena paprika 20 g/kg, kajenski papar 0,5 g/kg, češnjak 6 g/kg, E-124 0,15 g/kg, origano 1 g/kg. Starter kultura bila je mješavina *Lactobacillus plantarum* (10%) i *Staphylococcus carnosus* (90%). Dodana količina bila je 10^3-10^4 cfu/g smjese. U modificiranu kobasicu, NaCl je zamijenjen smjesom soli: NaCl 10 g/kg, $MgCl_2$ 2,35 g/kg, KCl 5,52 g/kg i $CaCl_2$ 4,64 g/kg (ionska snaga ekvivalentna je snazi od 2,6 % NaCl). Mješavina soli u modificiranoj kobasici imala je nutritivnu prednost u odnosu na sadržaj minerala. Sadržaj natrija smanjio se s 1,88 g/100 g u kontroli na 0,91 g/100 g u modificiranom proizvodu.

U istraživanju Ibáñez i sur. (1995.) djelomična zamjena NaCl-a sa samo KCl-om, sadržaj natrija smanjio se na 1,29 %, u usporedbi s kontrolom koja je imala 1,80 % natrija. Sadržaj vlage smanjio se na sličan način u obje vrste proizvoda. Neke značajne razlike uočene su tijekom uzorkovanja u vremenu sazrijevanja, ali konačni proizvodi pokazali su slične vrijednosti. S druge strane, sadržaj kalija povećan je s 0,55 na 1,11 g/100 g. Porast kalcija također je bio značajan. Iako su glavni prehrambeni izvori kalcija mliječni proizvodi, modificirane kobasice sadržavale su 182,90 mg/100 g kalcija i mogle bi biti značajan izvor kalcija. 100 g proizvoda doprinosilo je unosu od 22 % dnevne preporučene količine kalcija, dok bi 100 g kontrolne kobasice doprinosilo s 8 % dnevne preporučene količine kalcija. To znači da bi i ovakve kobasice postale značajan izvor magnezija, te bi se konzumacijom 100 g kobasica s modificiranim udjelom soli unosilo 87 % od dnevne preporučene količine magnezija, dok sa konzumacijom 100 g kontrolne kobasice bi se unosilo samo 12 % dnevne preporučene količine magnezija.

Terrell i sur. (1981.) utvrdili su da zamjena NaCl-a bilo kojom kloridnom soli (s ekvivalentnom ionskom snagom), osim $CaCl_2$, značajno smanjuje gubitak vode u sirovinama i prerađenom mesu. Ibáñez i sur. (1996.) istražili su kako je došlo do smanjenog sušenja u proizvodima s 1,5 % NaCl-a i 1 % KCl-a, nego u proizvodima s 3 % NaCl-a. Razlike u sposobnosti vezanja vode nisu uočene, vjerojatno jer je ionska snaga bila ekvivalentna u modificiranoj skupini i u kontrolnoj skupini. Aktivnost vode bila je veća tijekom procesa zrenja u modificiranim proizvodima. Ovaj porast aktivnosti vode nije bio tako značajan, kao kada je smjesa NaCl i KCl bila u kontroli različite ionske snage (Ibáñez i sur. 1996.). Aktivnost vode vjerojatno neće imati utjecaj na rok trajanja proizvoda zbog toga jer se konačne vrijednosti (0,891) mogu smatrati normalnima (Chasco i sur. 1993.). Pojava pada pH u modificiranim proizvodima također može utjecati na njihovu stabilnost. Veće zakiseljavanje zabilježeno u modificiranim proizvodima tijekom cijelog zrenja nije bilo povezano s razvojem mliječno-kiselih bakterija.

Broj bakterija mliječne kiseline bio je sličan u kontrolnoj skupini kao i u modificiranoj skupini proizvoda.

2.5.2. Suhomesnati proizvodi

U istraživanju koje je provedeno u Kini (Wu i sur. 2013.) korišteno je 48 uzoraka *quadriceps femoris* mišića u proizvodnji pečenice od buta. Prvi tretman koji je ujedno predstavljao kontrolni soljen je samo sa NaCl-om, u drugom tretmanu korištena je smjesa od 60 % NaCl-a i 40 % KCl-a, dok je u trećem tretmanu korištena smjesa od 30 % NaCl-a i 70 % KCl-a. Količina dodane soli iznosila je 3 % od ukupne mase tretmana. Istraživanjem nije uočena nikakva značajna razlika u sadržaju vlage između tretmana 1 i tretmana 2. Tretman 3 sadržavao je više vlage trećeg dana procesa (kraj soljenja) uspoređujući ga s tretmanom 1 i 2. To može biti uzrokovano bržom penetracijom mješavine soli koja sadrži više KCl-a i samim tim sprječava izlazak vode iz središnjeg dijela mesa (Aliño i sur. 2009.). Razlike između sadržaja vlage tretmana 3 i tretmana 1 i 2 smanjeni su na kraju faze sušenja i zrenja. Ovo se može pripisati ozbiljnoj dehidraciji mesa tijekom faze sušenja. Kontrolni tretman sadržavao je najviši udio natrija (2.837,82 mg/100 g), što je i normalna razina za suhomesnati proizvod s ovim karakteristikama (Jin i sur. 2010.). U istraživanju Wu i sur. (2013.) nisu utvrđene signifikantne razlike između kontrolnog tretmana i pokusnog tretmana 2 u a* i b* mjerama, kao ni u tvrdoći, sočnosti i gorčini. Neznatna razlika osjetila se u slanosti između kontrolnog tretmana i tretmana 2. Uzrok tome može biti zamjena 40 % NaCl-a s KCl-om, ali ponekad manje slani okus može biti pozitivnije ocijenjen (Gimeno i sur. 1998.). U tom istraživanju značajnu razliku pokazao je tretman 3 u usporedbi s kontrolnim tretmanom i to u tvrdoći, sočnosti, slanosti i gorčini koji je ocijenjen kao manje tvrd, ali sočniji proizvod. Pečenica iz tretmana 3 također je imala niže ocjene slanosti, a više ocjene gorkog okusa u usporedbi s kontrolnim tretmanom. Do ovog rezultata može doći zbog gorkog okusa K^+ kojeg su ocjenjivači primijetili kada je 70 % NaCl-a zamijenjeno sa KCl-om. Ovi rezultati u skladu su s istraživanjima na fermentiranim kobasicama (Gelabert i sur. 2003.) i kod talijanske salame (Zanardi i sur. 2010.) prilikom čega su autori sugerirali kako 50% zamjene NaCl-a nije utjecalo na boju i teksturu te je okus također bio prihvatljiv.

Lorenzo i sur. (2014.) su koristili šezdeset svježih lopatica dobivenih iz lokalne klaonice. Lopatica iz prvog tretmana soljena je na tradicionalan način sa NaCl-om (100 % NaCl) i taj tretman korišten je kao kontrolna skupina. Drugi tretman soljen je s 50 % NaCl-a i 50 % KCl-a, treći tretman soljen je s 45 % NaCl-a, 25 % KCl-a, 20 % $CaCl_2$ i 10 % $MgCl_2$ i četvrti tretman soljen je s 30 % NaCl-a, 50 % KCl-a, 15 % $CaCl_2$ i 5 % $MgCl_2$. Statistička analiza nije pokazala značajne razlike između kontrole i ostalih tretmana u intenzitetu boje, mirisa i tvrdoće. Neznatno smanjenje intenziteta boje uočen je kod tretmana 3 i 4 u usporedbi s kontrolnom skupinom, što može biti posljedica upotrebe $CaCl_2$ (Zanardi i sur. 2010.). Ovi rezultati slažu se sa rezultatima koje su objavili Gimeno i sur. (1999.) koji su primijetili kod fermentiranih

kobasica proizvedenih smjesom NaCl-a, KCl-a i $CaCl_2$ kako su povišene vrijednosti L* i b*. Također ovi tretmani kobasica ocijenjeni su s manjim ocjenama za intenzitet boje. Što se tiče intenziteta mirisa, panelisti su kontrolnu skupinu lopatica ocijenili boljom od drugog tretmana, a treća i četvrta grupa bile su pozicionirane između. Utvrđena je signifikantna razlika u slanosti i gorčini između kontrolne skupine i ostalih skupina. Manje slani okus imali su tretmani sa reduciranim udjelom NaCl-a, dok je gorčina bila izraženija kod tretmana lopatice sa reduciranim udjelom NaCl-a.

3. Materijali i metode

3.1. Proizvodnja suhih pečenica

3.1.1. Meso i proces salamurenja

Predmetno istraživanje temelji se na tome kako će zamjena natrijevog klorida sa kalijevim kloridom utjecati na fizikalne i senzorne promjene u suhoj pečenici. Prema tome, pored kontrolnog tretmana, pripremljena su dva pokusna tretmana u kojima je udio NaCl-a zamijenjen s KCl-om. U istraživanju je korišteno meso karea, odnosno otkošteni mišićni dijelovi leđa i slabina (*M. longissimus dorsi et thoracis*) porijeklom od svinja žive mase oko 130 kg iz komercijalnog uzgoja.

Prije samog salamurenja komadi otkoštanog karea izrezani su na približno jednake dijelove koji su iznosili oko 0,5 kg. Svaki komad karea najprije je vagan i mjernom vrpcom izmjeren kako bi se mogli dobiti približno jednaki komadi mesa. Svi komadi mesa slagani se po redu kako su rezani iz razloga što su komadi koji su bliže vratnom dijelu poslužili za ispitivanja i mjerenja tijekom procesa sušenja, a komadi koji su sa slabinskog dijela su korišteni za senzorsku analizu na kraju procesa. U svakom tretmanu nalazilo se 20 komada mesa, od kojih je 10 komada bilo iskorišteno za ispitivanja i mjerenja tijekom sušenja, a 10 komada iskorišteno je za senzorsku analizu i mjerenja po završetku procesa. Vaganjem svih 20 komada mesa po tretmanu, dobila se ukupna masa tretmana, koja je zatim poslužila za izračunavanje količine soli i začina koji su bili korišteni u salamuri. Odvaga soli i začina vršila se vagom s odstupanjem 0,1 g.

U sva tri tretmana udio nitritne soli, češnjaka, crnog papra i lovora ostao je nepromijenjen, dok je udio natrijevog i kalijevog klorida mijenjan. Udio crnog papra iznosio je 0,2 %, češnjaka 0,1 %, lovora 0,05 %, a ukupan udio soli iznosio je 3 %. Količina soli (NaCL, KCl i nitritna sol) dodana po tretmanima navedena je u Tablici 3.1.1.1.

Tablica 3.1.1.1. Prikaz udjela soli po tretmanima

Tretman	NaCl	KCl	$NaNO_2$
A	75 %	-	25 %
B	50 %	25 %	25 %
C	37,5 %	37,5 %	25 %

Nakon što su soli i začini bili odvagnuti, stavljeni su u jednu posudu i zajedno dobro ispremiješali. Smjesa soli i začina se zatim utrljavala po površini svakog komada mesa pojedinačno, a salamureni komadi slagali su se po redu u plastičnu posudu (slika 3.1.1.1.). Nakon što su svi komadi bili salamureni, posuda je obavijena prozirnom folijom, na koju su stavljene oznake tretmana i identifikacijski brojevi (slika 3.1.1.2.). Tako omotana posuda stavljena je u hladnjak, gdje je čuvana sedam dana na temperaturi oko 4 ^{o}C. Nakon sedam dana salamurenja svaki komad mesa je opran hladnom vodom, obrisan s upijajućim papirom i potom vagan.



Slika 3.1.1.1. Salamureni komadi karea



Slika 3.1.1.2. Folijom obavijena i označena posuda sa salamurenim komadima karea

3.1.2. Dimljenje

Nakon vaganja salamureni komadi mesa stavljeni su u mrežicu (slika 3.1.2.1.), označeni oznakom tretmana (slika 3.1.2.2.), a komadi sa slabinskog dijela posebno su označeni dodatnim brojem, kako bi poslužili za senzorsku analizu na kraju procesa.

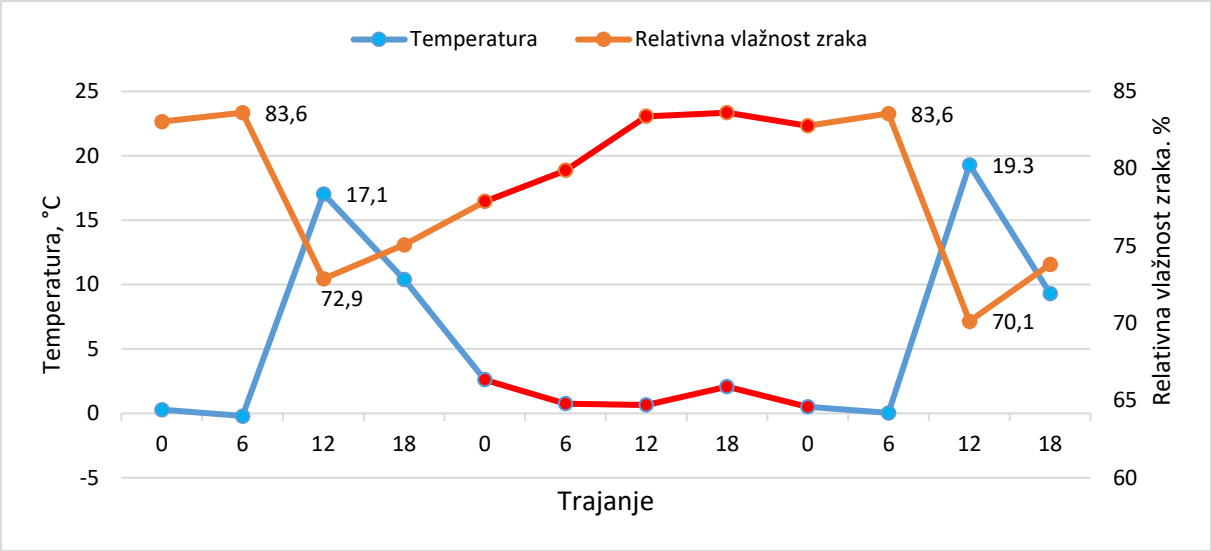


Slika 3.1.2.1. Stavljanje karea u mrežicu



Slika 3.1.2.2. Označeni i ovješeni komadi karea u pušnici prije dimljenja

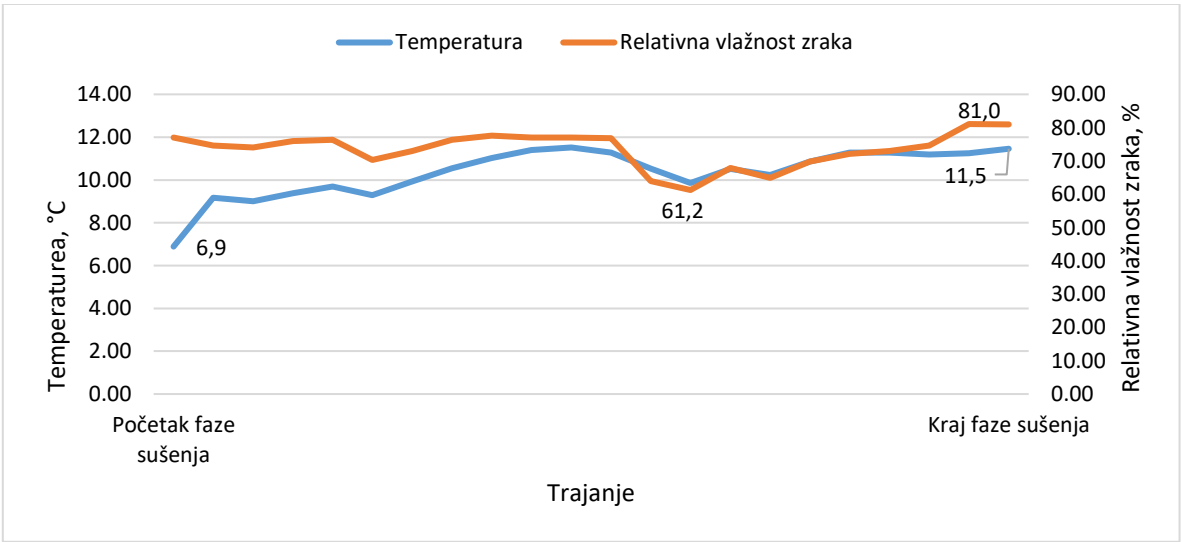
Nakon označavanja, komadi mesa su ovješeni na štapove i stavljeni u pušnicu preko noći, kako bi se površinski osušili. Nakon toga uslijedilo je hladno dimljenje koje se provodilo s bukovim drvom. Tijekom dimljenja i sušenja praćena je temperatura i relativna vlaga pomoću kombiniranog uređaja za spremanje podataka LOG 32 TH (Dostmann electronic, Germany) kako je prikazano na grafikonu 3.1.2.1., a temperatura u pušnici je iznosila do 20 ^{o}C. Meso je dimljeno dva puta, između kojih je bio jedan dan pauze. Nakon dimljenja, komadi mesa iz svakog tretmana su ponovno vagani, prilikom čega je odbijena masa mrežice i papirića kojim su označeni i potom su stavljeni na sušenje.



Grafikon 3.1.2.1 Prikazuje kretanje temperature i relativne vlažnosti zraka tijekom cijelog procesa dimljenja. Crveni dijelovi linija označavaju jedan dan pauze između dimljenja

3.1.3. Sušenje

Nakon dimljenja, meso svih tretmana stavljeno je u jednu prostoriju, kako bi bili u istim uvjetima sušenja. Tijekom sušenja provedeno je vaganje uzoraka nekoliko puta, kako bi mogli utvrditi brzinu i kalo sušenja. Kako je prikazano na grafikonu 3.1.3.1., temperatura zraka je iznosila od 6,9 od 11,5 °C, a relativna vlaga zraka od 61,2 do 81 %. Na kraju proizvodnje kod 35. dana proizvodnje, uzorci su vakumirani i čuvani do senzorske analize 130 dana na temperaturi do 10 °C.



Grafikon 3.1.3.1. Prikaz kretanja srednjih dnevnih vrijednosti temperature i relativne vlažnosti zraka tijekom procesa sušenja

3.2. Određivanje boje

Mjerenje boje pečenica provedeno je više puta tijekom procesa: nakon soljenja (7. dan), tijekom procesa sušenja (21. dan), na kraju procesa sušenja (35. dan) te nakon čuvanja u vakuumu (165. dan). Mjerenja boje su provedena na komadima pečenice na poprečnom rezu na smjer pružanja mišića 30 minuta nakon rezanja i na tri različita mjesta (slika 3.2.1.). Za mjerenje boje mesa koristio se uređaj Minolta Chroma metar CR-410 (Konica Minolta, Japan) s CIE L*a*b* spektar boja s D65 standardnim osvjetljenjem i otvorom 50 mm. CIE L*a*b* sustav prikazuje vrijednosti koje označuju: L* lightness (svijetlo-tamno), a* redness (crveno-zeleno) i b* yelowness (žuto-plavo). Tri uzorka po tretmanu analizirana su pri svakom mjerenju.



Slika 3.2.1. Presjek komada pečenice pri provedbi mjerenja boje

3.3. Mjerenje aktiviteta vode (aw) i pH vrijednosti

Mjerenje aktiviteta vode kao i pH vrijednosti mesa provedeno je nekoliko puta tijekom istraživanja: nakon soljenja (7. dan), tijekom procesa sušenja (21. dan), na kraju procesa sušenja (35. dan) te nakon čuvanja u vakuumu (165. dan). Mjerenja su provedena na tri uzorka po tretmanu pri svakom mjerenju u duplikatima na uzorcima pečenice nasjeckanima na kockice veličine 0,5 x 0,5 x 0,5 cm (slika 3.3.1.). Mjerenje aktiviteta vode provedeno je pomoću prijenosnog analizatora HygroPalm HP23-AW-A opremljen s HC2-AW sondom (Rotronic AG, Švicarska), a mjerenje po uzorku trajalo je oko 17 minuta.

Mjerenje pH vrijednosti vršilo se na istom uzorku kao i za aktivitet vode, samo što je nakon mjerenja aktiviteta vode dodana destilirana voda (slika 3.3.1.). Takav uzorak je potom homogeniziran, a nakon 30 minuta, izvršeno je mjerenje pH pomoću pH pH/ORP/ISE metra HI98191 opremljenog s HI72911B pH sondom (Hanna Instruments, SAD).



Slika 3.3.1. Prikaz uzoraka za mjerenje aktiviteta vode i pH vrijednosti

3.4. Mjerenje sadržaja natrija

Mjerenje sadržaja natrija provedeno je nakon čuvanja u vakuumu (165. dan proizvodnje) prije senzorske analize. Postupak se sastojao od sljedećih koraka:

1. Fino usitnjavanje uzoraka vršilo se pomoću štapnog miksera do postizanja mazive konzistencija uzorka.
2. Odvaga oko 20 g uzoraka provedena je pomoću analitičke vage ME204T/00 (Mettler Toledo, Švicarska) s očitanjem 0,1 mg u Erlenmayerovu tikvicu od 250 ml.
3. Dodavanje 10x više deionizirane destilirane vode od mase uzorka.
4. Miješanje i zagrijavanje uzoraka provodilo se na 48 ^{o}C pri 700 okretaja magneta u minuti tijekom 30 minuta magnetskom miješalicom s grijaćom pločom Intelli-Stirrer MSH 300i (Biosan, Latija).
5. Hlađenje uzorka do sobne temperature i zatim filtracija na filter papiru (Plava vrpca Munktell 391) u staklenu čašu 100 ml.
6. Pipetiranje 30 ml filtrata i dodavanje 3ml ISA otopine HI4016-00 (Hanna Instruments, SAD) u filtrat kako bi se fiksirala ionska snaga uzorka.

7. Mjerenje sadržaja natrija pomoću uređaja pH/ORP/ISE metra HI 98191 i staklenom kombiniranom ionskom selektivnom elektrodom (ISE) HIFC300B (Hanna Instruments, SAD) za mjerenje natrija uz miješanje na magnetskoj miješalici pri 100 okretaja magneta.
8. Preračunavanje dobivenih vrijednosti u mg/kg jedinice.

3.5. Senzorska analiza

Senzorska analiza provedena je na kraju istraživanja nakon čuvanja pečenica u vakuumu (165. dan proizvodnje), a ukupno je sudjelovalo jedanaest educiranih senzoričara (panelista) s omjerom spolova 45,5 % (Ž) : 54,5 % (M). Korišten je test modificirane kvantitativne deskriptivne analize (QDA) (Lawless i Heymann 2010.). Za test uzorci su pripremljeni na način da se najprije odstranio vanjski, suhlji sloj pečenice, a unutarnji dio je rezan na ploške debljine oko 3 mm. Ploške uzoraka zatim su stavljene na bijelo-obojane papirnate tanjure i označeni troznamenkastim šiframa.
U testu modificirane kvantitativne deskriptivne analize svaki panelist dobio je osam uzoraka, po dva iz svakog tretmana koji su slučajnim redoslijedom prezentirani panelistima. Panelisti su morali iskazati intenzitet/izražajnost objektivnih i subjektivnih svojstava uzorka na skali od 0 do 9 (0 je označavalo potpuno odsustvo intenziteta/izražajnosti svojstva, dok je 9 označavalo najveći intenzitet/izražajnost svojstva). Ocjenjivači su bili zamoljeni da da nakon kušanja svakog uzorka konzumiraju kruh i vodu, kako bi neutralizirali usta i odmorili osjetila.

3.6. Statistička analiza

Dobiveni podaci obrađeni su pomoću statističkog programa SAS Studio University Edition 3.71 (SAS Institute, 2018). Prosječne vrijednosti i mjere varijabilnosti istraživanih svojstava utvrđene su korištenjem procedure MEANS, dok je u analizi relativnog gubitka mase, pH vrijednosti, aktiviteta vode, sadržaja natrija i rezultata modificirane deskriptivne analize korištena procedura GLM uz primjenu Tukey-Kramar post-hoc testa za utvrđivanje značajnosti razlika između tretmana ($P<0,05$).

4. Rezultati i rasprava

4.1. Relativni gubitak mase (kalo)

U tablici 4.1.1. prikazani su rezultati relativnog gubitka mase (kala) tijekom proizvodnje suhe pečenice sa smanjenim udjelom natrija. Tretman A predstavljao je kontrolnu skupinu koja nije sadržavala kalijev klorid (KCl) dok je u tretmanu B 25 % NaCl-a zamijenjeno s KCl-om, a u tretmanu C je 37,5 % NaCl-a zamijenjeno s KCl-om. Udio nitritne soli ($NaNO_2$) u svakom od tretmana iznosio je 25%. Zamjena NaCl-a s KCl-om napravljena je na masenoj osnovi. Pečenice iz tretmana A imale su značajno najveći ($P<0,05$) kalo nakon 7. dana proizvodnje u odnosu na tretmane B i C, dok značajna razlika nakon 21. dana proizvodnje nije utvrđena. Međutim, na kraju proizvodnje kod 35. dana proizvodnje najmanje kalo ($P<0,0,5$) utvrđeno je kod pečenica tretmana A (35,32 %), a najveće kod pečenica tretmana B (38,38 %). Slične rezultate prikazuju Aliño i sur. (2009.) koji su utvrdili kako pečenice koje su soljene s većim udjelima KCl-a u formulaciji smjesa soli, tijekom prvih faza proizvodnje imaju manji gubitak mase. Navedeno su autori objasnili s bržim prodiranjem smjesa soli koje sadrže KCl u unutrašnjost mesa, što povećava ionsku jakost u unutrašnjosti i usporava gubitak vode. U skladu s time je istraživanje koje su proveli Wu i sur. (2013.) pri proizvodnji suhe šunke u tri različita tretmana (A: 100 % NaCl; B: 60 % NaCl, 40 % KCl i C: 30 % NaCl, 70 % KCl) u kojem se navodi kako je tretman C, uspoređujući ga sa tretmanom A i B, nakon perioda soljenja sadržavao više vlage. Kasnije, u fazi zrenja proizvoda, razlika u sadržaju vlage je smanjena. Slično tome, Aliño i sur. (2010.) navode podatke kako tretiranje pečenice sa 15 % $CaCl_2$, 5 % $MgCl_2$ i 25 % KCl-a, te tretman sa 15 % $CaCl_2$, 5 % $MgCl_2$ i 50 % KCl-a bilježe manji gubitak na masi tijekom početnih faza (soljenje i poslije soljenja) u odnosu na kontrolni tretman s NaCl. Temeljem podataka dobivenih iz ovog istraživanja i podataka iz radova navedenih autora može se zaključiti kako djelomična zamjena NaCl s KCl utječe na manji gubitak mase tijekom proizvodnje.

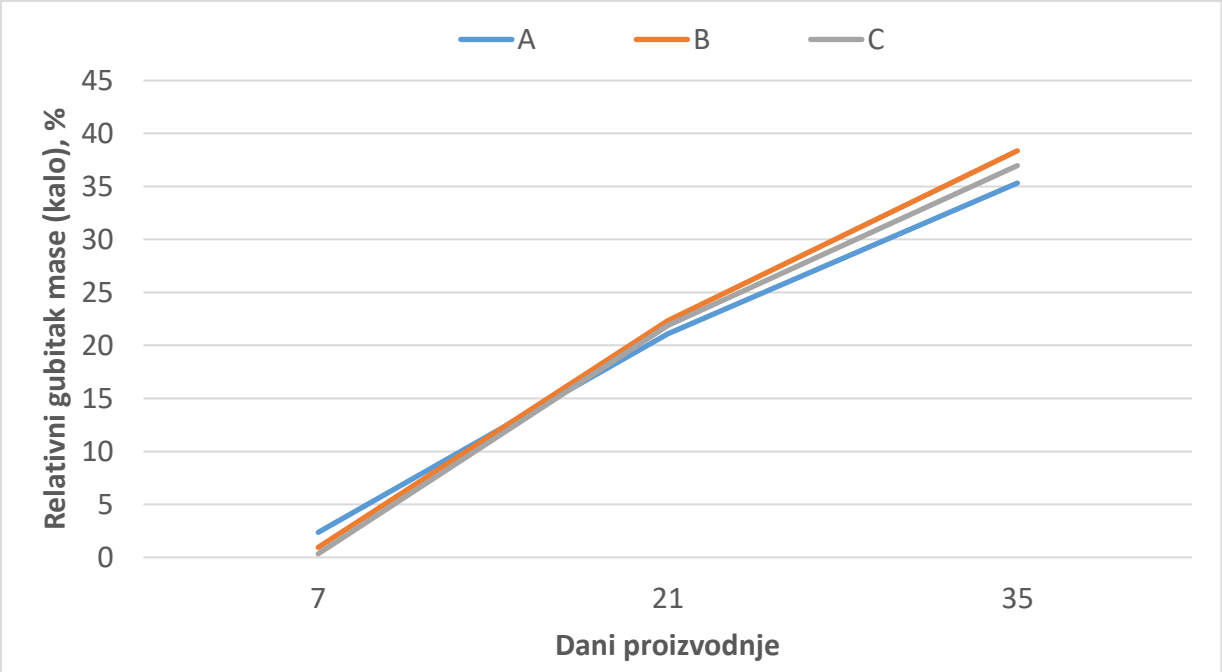
Tablica 4.1.1. Relativni gubitak mase (kalo) pečenice tijekom procesa sušenja

Dan proizvodnje	Tretman[1]		
	A	B	C
7	$2,36^{a} \pm 0,35$	$0,94^{b} \pm 0,31$	$0,34^{b} \pm 0,47$
21	$21,10 \pm 0,42$	$22,33 \pm 0,28$	$21,89 \pm 0,68$
35	$35,32^{b} \pm 0,54$	$38,38^{a} \pm 0,45$	$36,97^{ab} \pm 0,74$

[1] A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

[ab] prosjeci označeni različitim slovima značajno se razlikuju ($P<0,05$)

Kako je vidljivo na grafikonu 4.1.1. pečenice tretmana B i C u početku procesa proizvodnje imale su manji kalo u odnosu na tretman A, kasnije se kalo izjednačava, a na kraju proizvodnje iznosi više nego kalo kontrolne skupine.



Grafikon 4.1.1. Grafički prikaz relativnog gubitka mase (kalo) tijekom procesa sušenja pečenice

A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

4.2. Aktivitet vode (aw)

Dodavanjem soli i ostalih dodataka smanjuje se aktivitet vode zbog povećanja otopljenih tvari u vodi, što je dodatno potpomognuto sušenjem. Aktivitetom vode kontroliramo enzimsku aktivnost i rast mikroorganizama čime izravno utječemo na održivost proizvoda. U tablici 4.2.1. prikazana je promjena aktiviteta vode (aw) tijekom proizvodnje suhe pečenice. Pečenice iz tretmana C imale su značajno najveći ($P<0,05$) aw nakon 7. dana proizvodnje, dok su pečenice iz tretmana A imale značajno najmanji, a pečenice tretmana B nisu se značajno razlikovale u odnosu na tretmane A i C. Nakon 21. dana proizvodnje svi tretmani međusobno su se značajno ($P<0,05$) razlikovali. Tretman C zadržao je najveći, a tretman A najmanji aw, dok se vrijednost tretmana B nalazila između njihovih vrijednosti. Na kraju procesa sušenja (35. dan), te nakon držanja u vakumu (165. dan) pečenice iz tretmana A imale su značajno najmanji ($P<0,05$) aw i on je iznosio 0,905, dok su pečenice iz tretmana C imale značajno najveći ($P<0,05$) aw, koji je iznosio 0,930. Tretmani B i C nakon 35. dana i 165. dana proizvodnje nisu se značajno razlikovali.

U sličnom istraživanju koje su proveli Aliño i sur. (2009.) u kojem su zamjenjivali NaCl s KCl-om utvrđeni su slični rezultati. Tretmani koji su sadržavali najveći udio KCl-a u smjesama soli (50 % i 70 %), na kraju proizvodnje su imali i najveći aktivitet vode. Kako navode autori, aktiviteti vode tretmana s 50 i 70 % kalijevog klorida na kraju proizvodnje iznosili su 0,933 i 0,932, što su gotovo identične vrijednosti usporedive s vrijednostima tretmana C iz ovog istraživanja, gdje je vrijednost aw iznosila 0,930. U istraživanju koje je provedeno na sušenoj šunki, gdje je smjesa soli u jednom pokusnom tretmanu iznosila 50 % NaCl-a i 50 % KCl-a,

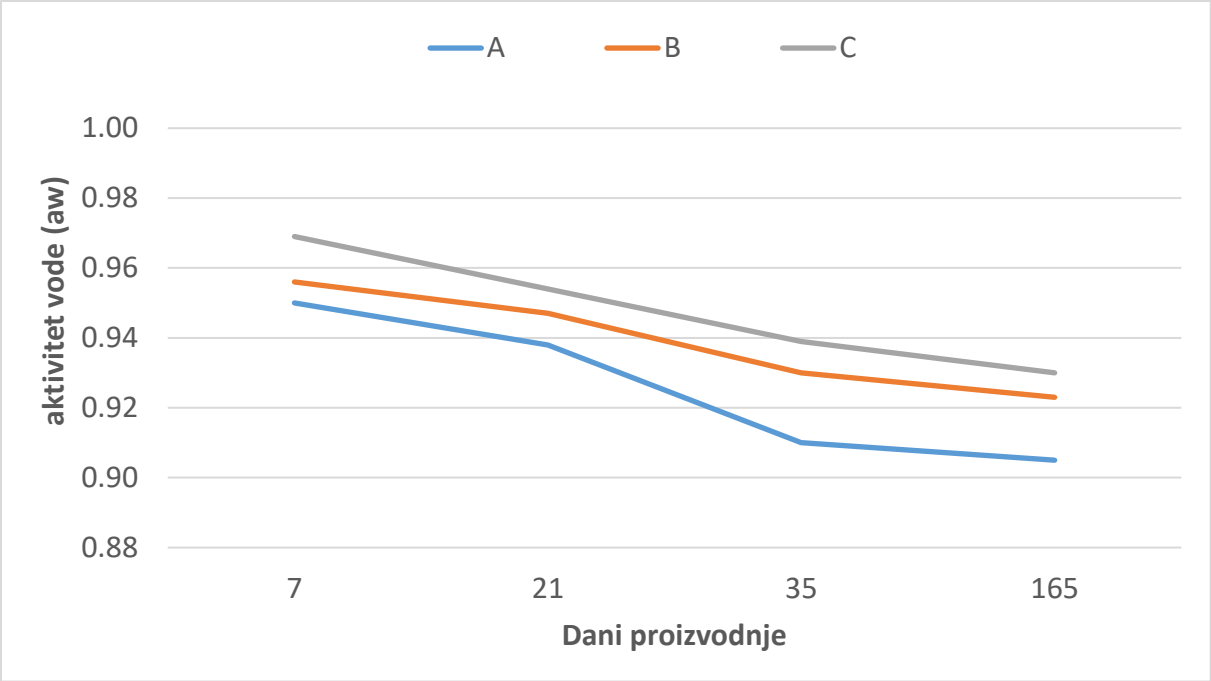
utvrđeni aktivitet vode na kraju proizvodnje iznosio je 0,933, dok je kontrolna skupina (100 % NaCl) imala aw od 0,935 što nije predstavljalo statistički značajnu razliku (Aliño i sur. 2010.). Uspoređujući istraživanja na suhoj pečenici možemo zaključiti kako veći udio kalijevog klorida u smjesama soli izaziva pojavu veće vrijednosti aw na kraju proizvodnje. Razlika u vrijednostima aw u proizvodima sa smanjenim udjelom natrija i proizvodima sa natrijem rezultat je veće molarne mase KCl-a (74,55 g/mol) u odnosu na NaCl (58,44 g/mol). Navedeno znači da će u slučaju dodavanja spojeva jednakih masa, kao što je bio slučaj u ovom istraživanju, biti dodano manje molekula KCl-a nego NaCl-a, odnosno bit će manje otopljenih iona K^+ i Cl^- nego što je Na^+ i Cl^- pa će aktivitet vode proizvoda pri dodavanju KCl-a biti veći.

Tablica 4.2.1. Vrijednosti aktiviteta vode tijekom procesa proizvodnje suhe pečenice

Dan proizvodnje	**Tretman[1]**		
	A	B	C
7	$0,950^{b} \pm 0,002$	$0,956^{ab} \pm 0,002$	$0,969^{a} \pm 0,005$
21	$0,938^{c} \pm 0,001$	$0,947^{b} \pm 0,002$	$0,954^{a} \pm 0,001$
35	$0,910^{b} \pm 0,006$	$0,930^{a} \pm 0,003$	$0,939^{a} \pm 0,002$
165	$0,905^{b} \pm 0,002$	$0,923^{a} \pm 0,001$	$0,930^{a} \pm 0,002$

[1] A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$
[abc] prosjeci označeni različitim slovima značajno se razlikuju (P<0,05)

Na grafikonu 4.2.1. jasno je vidljivo kako se aktivitet vode povećava s udjelom kalijevog klorida u smjesama soli za soljenje. Tijekom cijelog procesa proizvodnje tretman A zadržao je najmanji aktivitet vode. Tretmani B i C imali su veće vrijednosti aktiviteta vode u odnosu na tretman A, ali se međusobno nisu statistički značajno razlikovali tijekom proizvodnje, osim kod 21. dana. Prema Pravilniku o mesnim proizvodima (NN 62 2018.) aktivitet vode u trajnim suhomesnatim proizvodima može biti najviše 0,930 što ukazuje na to kako se pečenice B i C tretmana nalaze na samoj granici dopuštenog. Navedeno je pogotovo zanimljivo s obzirom da je proizvodnja svih pečenica trajala jednako vrijeme, a relativni gubitak mase je bio čak i veći kod pokusnih skupina. Iz tog se može zaključiti da bi proizvode uz dodatak KCl-a trebalo duže proizvoditi radi udovoljavanja odredbama iz legislative i postizanja zadovoljavajuće mikrobiološke sigurnosti, a to može predstavljati financijski nepovoljniji učinak.



Grafikon 4.2.1. Prikaz promjene aktiviteta vode tijekom proizvodnje suhe pečenice
A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

4.3. pH vrijednost

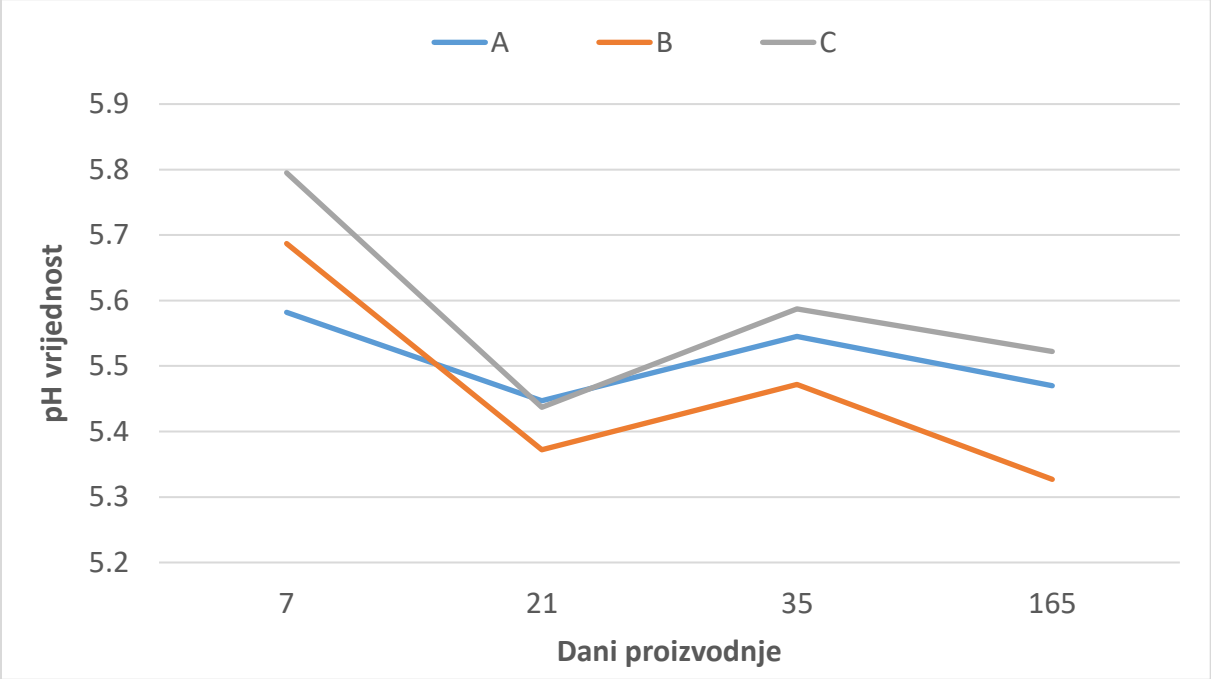
U tablici 4.3.1. prikazana je promjena pH vrijednosti u procesu proizvodnje suhe pečenice po tretmanima. Istraživanjem je utvrđeno značajno veća ($P<0,05$) pH vrijednost nakon 7. dana proizvodnje kod tretmana C (5,79) u odnosu na kontrolni tretman A (5,58). Kasnije tijekom proizvodnje nije bilo značajnih razlika između tretmana. Međutim, nakon čuvanja u vakuumu, kod 165. dana proizvodnje, ustanovljena je značajno manja ($P<0,05$) pH vrijednost kod tretmana B (5,32) u odnosu na tretmane A (5,47) i C (5,52). U istraživanju koje je provedeno na sušenim šunkama koje su bile podijeljene u četiri tretmana prema zamjeni natrijevog klorida s kalijevim kloridom (tretman A: 100% NaCl, tretman B: 66,7 % NaCl i 33,3 % KCl, tretman C: 33,3 % NaCl i 66,7, tretman D: 100 % KCl) nisu uočene značajne razlike između tretmana u pH vrijednosti (Keeton 1984.). Zhang i sur. (2020.) navode kako je u istraživanju sušene svinjske lopatice, u kojemu je NaCl bio djelomično zamijenjen sa 15 % $MgCl_2$, 15% $CaCl_2$ te 15 % $ZnCl_2$, zamijećen brži pad pH kod pokusnih skupina. U istom istraživanju nisu ustanovljene značajne razlike u padu pH kod tretmana s 15 % KCl-a u odnosu na kontrolni tretman (100 % NaCl). Temeljem rezultata ovog istraživanja, može se zaključiti kako djelomična zamjena natrijevog klorida s kalijevim kloridom ne utječe značajno na pad pH tijekom proizvodnje, ali je evidentirana promjena pH tijekom čuvanja proizvoda u vakuumu.

Tablica 4.3.1. Prikaz kretanja vrijednosti pH za vrijeme procesa proizvodnje suhe pečenice

Dan proizvodnje	Tretman[1]		
	A	B	C
7	5,58[b] ± 0,01	5,68[ab] ± 0,07	5,79[a] ± 0,05
21	5,44 ± 0,04	5,37 ± 0,02	5,43 ± 0,04
35	5,54 ± 0,03	5,47 ± 0,04	5,58 ± 0,01
165	5,47[ab] ± 0,00	5,32[b] ± 0,05	5,52[a] ± 0,03

[1]A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$
[ab] prosjeci označeni različitim slovima značajno se razlikuju (P<0,05)

Na grafikonu 4.3.1. prikazano je kako se tijekom procesa proizvodnje pečenice odvijala promjena pH vrijednosti s obilježjima blagog pada i ponovnog rasta tijekom tipične proizvodnje, da bi se tijekom čuvanja u vakuumu pH vrijednost naknadno malo smanjila.



Grafikon 4.3.1. Grafički prikaz pH vrijednosti za vrijeme procesa proizvodnje suhe pečenice
A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

4.4. Boja

Boja salamurenog i sušenog mesa uglavnom je posljedica utjecaja hema, nitrozilmioglobina i metmioglobina (Campus i sur. 2008.). Boja mesa također može biti pod utjecajem brojnih čimbenika poput spola, dobi, vrste mišića, aktivnosti mišića… U analizi boje u ovom istraživanju upotrjebljene su tri vrijednosti: L* vrijednost koja označava svijetlu (vrijednosti bliže 100) ili tamnu boju mesa (vrijednosti bliže 0), a* vrijednost koja označava raspon boje od crvene (vrijednosti bliže 60) prema zelenoj (vrijednosti bliže -60) i b* vrijednost koja označava raspon boje od žute (vrijednosti bliže 60) prema plavoj (vrijednosti bliže -60).

U tablicama 4.4.1 prikazani su rezultati koji ukazuju na promjenu L* vrijednosti po tretmanima u proizvodnji suhe pečenice. Utvrđeno je kako nije bilo značajnih razlika u L* vrijednostima boje između tretmana tijekom proizvodnje i čuvanja pečenice u vakuumu. S druge strane, uočljivo je kako se tijekom proizvodnje odvija promjena L* vrijednosti unutar tretmana, pri čemu su pečenice postale tamnije u odnosu na početak procesa.

Tablica 4.4.1. Promjene L* vrijednosti tijekom procesa proizvodnje suhe pečenice

Dan proizvodnje	Tretman[1]		
	A	B	C
7	49,92 ± 0,33	48,99 ± 1,20	48,58 ± 0,59
21	49,65 ± 0,54	48,92 ± 0,32	49,20 ± 0,24
35	49,55 ± 1,67	47,37 ± 0,61	46,98 ± 0,88
165	45,36 ± 1,22	44,08 ± 0,61	46,09 ± 0,59

[1] A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

Prikazom rezultata statističke obrade u tablici 4.4.2. uočljivo je da tijekom proizvodnje nisu utvrđene značajne razlike pokazatelja boje a* pečenica između tretmana, ali se boja mijenjala unutar tretmana prema većim intenzitetima crvene boje prema kraju proizvodnje.

Tablica 4.4.2. Prikaz kretanja a* vrijednosti tijekom procesa proizvodnje suhe pečenice.

Dan proizvodnje	Tretman[1]		
	A	B	C
7	16,36 ± 0,35	17,16 ± 0,49	17,90 ± 0,51
21	17,85 ± 0,31	17,35 ± 0,31	16,99 ± 0,28
35	15,12 ± 1,10	15,48 ± 0,54	15,49 ± 1,03
165	17,10 ± 0,47	17,53 ± 0,27	18,56 ± 0,51

[1] A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$ C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

Istraživanjem je utvrđeno da razlike vrijednosti pokazatelja boje b* tijekom proizvodnje nisu bile statistički značajne između tretmana te su uočene najmanje promjene unutar tretmana kako je prikazano u tablici 4.4.3.

Tablica 4.4.3. Prikaz kretanja b* vrijednosti tijekom procesa proizvodnje suhe pečenice.

Dan proizvodnje	Tretman[1]		
	A	B	C
7	8,28 ± 0,23	8,45 ± 0,11	8,84 ± 0,15
21	8,53 ± 0,15	8,39 ± 0,12	8,05 ± 0,14
35	8,27 ± 0,70	7,78 ± 0,38	8,16 ± 0,58
165	8,73 ± 0,53	8,54 ± 0,17	9,38 ± 0,25

[1] A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

Aliño i sur. (2009.) navode kako nije bilo statistički značajnih razlika u L*, a* i b* vrijednostima boje na suhoj pečenici u tretmanima u kojima je NaCl bio zamijenjen sa 25 % KCl, 15 % $CaCl_2$, 5 % $MgCl_2$, te u drugom tretmanu sa 50 % KCl, 15 % $CaCl_2$, 5 % $MgCl_2$, što je slično podacima iz ovog istraživanja. U istraživanju na sušenoj šunki gdje su se koristila tri tretmana (tretman A: 100 % NaCl, tretman B: 50 % NaCl, 50 % KCl, tretman C: 55 % NaCl, 25 % KCl, 15 % $CaCl_2$ i 5 % $MgCl_2$) nisu uočene statistički značajne razlike ($P>0,05$) u vrijednostima L*, a* i b* između kontrolnog tretmana A i pokusnih tretmana B i C. Temeljem podataka ovog i navedenih istraživanja može se zaključiti kako dodatak KCl-a u smjese soli ne utječe na promjenu boje sušene pečenice.

4.5. Sadržaj natrija (Na)

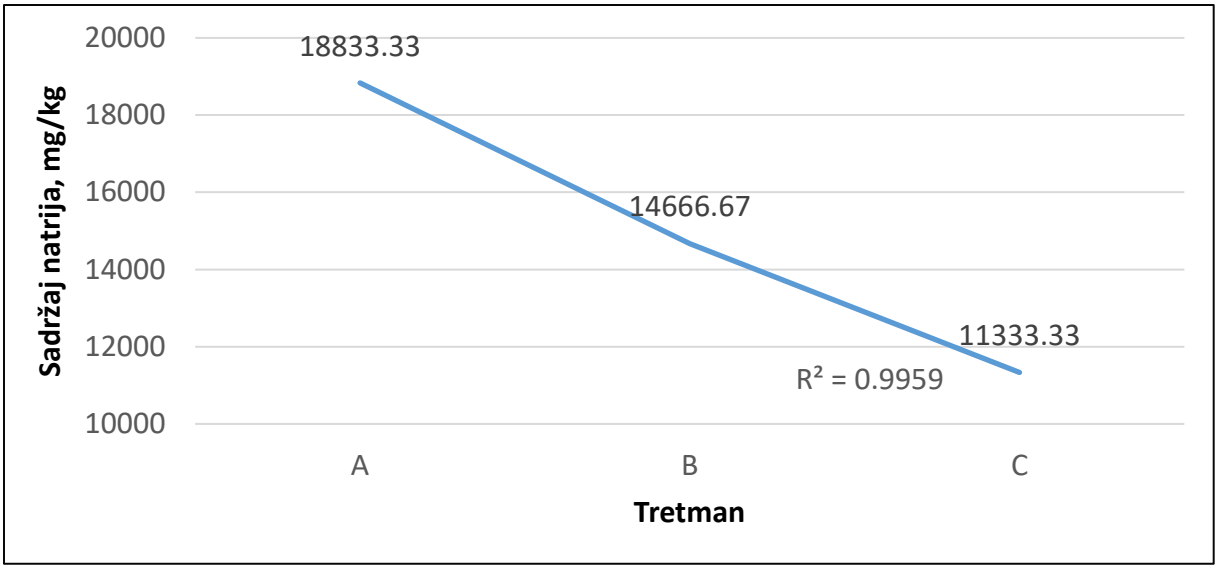
Statističkom obradom podataka, čiji su rezultati prikazani u tablici 4.5.1., utvrđeno je kako se sadržaj Na u pečenicama značajno smanjio ($P<0,05$) u pokusnim tretmanima kako se smanjio udio NaCl-a u smjesi za salamurenje. Sadržaj natrija u pečenicama kontrolnog tretmana A iznosio je 18.833,33 mg/kg, dok su pečenice tretmana B u kojem je 25 % NaCl-a zamijenjeno s KCl-om imale 14.666,67 mg/kg natrija. Najmanji sadržaj natrija utvrđen je u pečenicama tretmana C (11.333,33 mg/kg) u kojem je 37,5 % NaCl-a zamijenjeno s KCl-om.

Tablica 4.5.1. Sadržaj natrija (mg/kg) u suhim pečenicama po tretmanima

Svojstvo	Tretman[1]		
	A	B	C
Na	$18.833,33^{a} \pm 317,98$	$14.666,67^{b} \pm 145,28$	$11.333,33^{c} \pm 328,28$

[1] A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$
[abc] prosjeci označeni različitim slovima značajno se razlikuju ($P<0,05$)

Prikaz podataka u grafikonu 4.5.1 jasno ukazuju kako se rezultati između tretmana značajno razlikuju. Što je zamjena NaCl-a s KCl-om veća, sadržaj natrija pada, kako je i očekivano. Iste zaključke izvode Armenteros i sur. (2009.) koji su utvrdili da djelomična zamjena natrija iz NaCl-a s kalijem iz KCl-a, kalcijem iz $CaCl_2$ i magnezijem iz $MgCl_2$ uzrokuje smanjenje sadržaja koncentracije natrija u sušenoj pečenici. Slične podatke navode Wu i sur. (2013.) u istraživanju na suhoj šunki s tri tretmana s različitim udjelima NaCl i KCl koji jasno ukazuju kako se koncentracija natrija smanjuje sa smanjenjem udjela NaCl u smjesi soli.



Grafikon 4.5.1. Grafički prikaz sadržaja natrija po tretmanima

A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

Armenteros i sur. (2009.) navode kako se koncentracija Na^+ kationa u tretmanu sa 100% NaCl kretala oko 2944 mg/100 g, dok se u drugom tretmanu koji je sadržavao 55 % NaCl, 25 % KCl, 15% $CaCl_2$ i 5 % $MgCl_2$ kretala oko 1685 mg/100g. Treći tretman sa 45 % NaCl, 25 % KCl, 20 % $CaCl_2$ i 5 % $MgCl_2$ je sadržavao oko 1634 mg/100g, dok je četvrti tretman sa 30 % NaCl, 50% KCl, 15 % $CaCl_2$ i 5 % $MgCl_2$ sadržavao oko 1414 mg/100g Na^+ kationa. Također Wu i sur. (2013.) navode kako se koncentracija Na^+ kationa u tretmanu sa 100% NaCl kretala oko 2873 mg/100g. Koncentracije Na^+ kationa u tretmanima sa smanjenim udjelom natrija kretale su se oko 1828 mg/100g (60 % NaCl, 40 % KCl) te 1215 mg/100g (30 % NaCl, 70 % KCl). Prema navedenom, znatno manji udio natrija je utvrđen u provedenom istraživanju kad se usporede kontrolni tretmani bez smanjenja udjela NaCl-a. Takvi rezultati mogu se pripisati postupcima pri izradi pečenica s manjim udjelima soli za salamurenje.

Veći unos natrija povezan je s povišenim krvnim tlakom i posljedično s većim rizikom od koronarnih i bubrežnih bolesti. Zbog toga WHO (2012.) preporučuje unos natrija ne veći od 2000 mg/dan što odgovara i zaključcima EFSA NDA Panel i sur. (2019.). U ovom istraživanju prosječan sadržaj Na^+ kationa u A tretmanu iznosio 1.883,33 mg/100 g, u tretmanu B 1.466, 67 mg/100 g, a u tretmanu C 1.133,33 mg/100 g. Uzimajući ove vrijednosti u obzir, može se zaključiti kako konzumacija 100 g suhe pečenice tretmana A pridonosi 94 % od dnevno preporučenih doza. Zbog postignutog smanjenja sadržaja natrija, konzumacijom 100 g suhe pečenice tretmana B doprinosi se sa 73 %, a konzumacijom 100 g suhe pečenice tretmana C s 56 % od dnevnih preporučenih količina.

4.6. Senzorska analiza

U tablici 4.6.1. prikazani su rezultati statističke obrade podataka senzorske analize objektivnih svojstava suhe pečenice pomoću hedonističkog testa. Istraživanjem je utvrđeno nekoliko statistički značajnih razlika između tretmana, točnije 5 od 19 objektivnih svojstava se značajno razlikovalo. Tako su pečenice tretmana C imale značajno izraženiju ($P<0,05$) ujednačenost boje od tretmana A, dok se tretman B nije značajno razlikovao od tretmana A i C. U svojstvu mramoriranosti pečenice tretman A opisane su sa značajno najvećim ($P<0,05$) vrijednostima u odnosu na pečenice tretmana B, dok se tretman C nije značajno razlikovao od tretmana A i B. Nadalje, statističkom analizom utvrđeno je kako je svojstvo vlažnosti površine bilo najmanje izraženo ($P<0,05$) kod tretmana B što predstavlja statistički značajnu razliku od tretmana C, dok se tretman A nije razlikovao od tretmana B i C.

Tablica 4.6.1. Senzorska analiza objektivnih svojstava suhe pečenice po tretmanima

Svojstvo	Tretman[1]		
	A	B	C
Boja mišićnog tkiva	6,05 ± 0,22	5,70 ± 0,30	6,30 ± 0,18
Ujednačenost boje	$6,80^{b}$ ± 0,25	$6,95^{ab}$ ± 0,26	$7,50^{a}$ ± 0,21
Mramoriranost	$1,80^{a}$ ± 0,15	$1,30^{b}$ ± 0,15	$1,35^{ab}$ ± 0,12
Vlažnost površine	$1,70^{ab}$ ± 0,23	$1,50^{b}$ ± 0,14	$2,10^{a}$ ± 0,19
Intenzitet pozitivnih mirisa	5,55 ± 0,22	5,90 ± 0,18	5,90 ± 0,23
Intenzitet negativnih mirisa	0,30 ± 0,15	0,20 ± 0,12	0,25 ± 0,11
Dim	4,65 ± 0,27	5,20 ± 0,36	4,40 ± 0,45
Slano	$5,75^{a}$ ± 0,19	$5,40^{ab}$ ± 0,20	$4,70^{b}$ ± 0,31
Slatko	1,40 ± 0,20	1,15 ± 0,17	1,65 ± 0,23
Kiselo	1,60 ± 0,17	2,10 ± 0,23	1,60 ± 0,20
Gorko	2,20 ± 0,33	2,10 ± 0,29	2,15 ± 0,33
Mekoća	6,70 ± 0,18	6,05 ± 0,20	6,35 ± 0,19
Topivost	6,90 ± 0,18	6,60 ± 0,20	6,45 ± 0,17
Arome aromatičnog bilja	$3,10^{ab}$ ± 0,29	$3,35^{a}$ ± 0,32	$2,55^{b}$ ± 0,28
Arome začinskog bilja	2,50 ± 0,20	2,75 ± 0,19	2,35 ± 0,17
Arome zrelog sušenog mesa	6,40 ± 0,21	6,35 ± 0,22	5,80 ± 0,20
Biokemijske arome	0,05 ± 0,04	0,30 ± 0,10	0,20 ± 0,15
Arome svježeg mesa	2,10 ± 0,23	2,45 ± 0,27	2,80 ± 0,36
Arome plijesni	0,05 ± 0,04	0 ± 0,00	0 ± 0,00

[1] A: 75% NaCl, 25% NaNO2; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

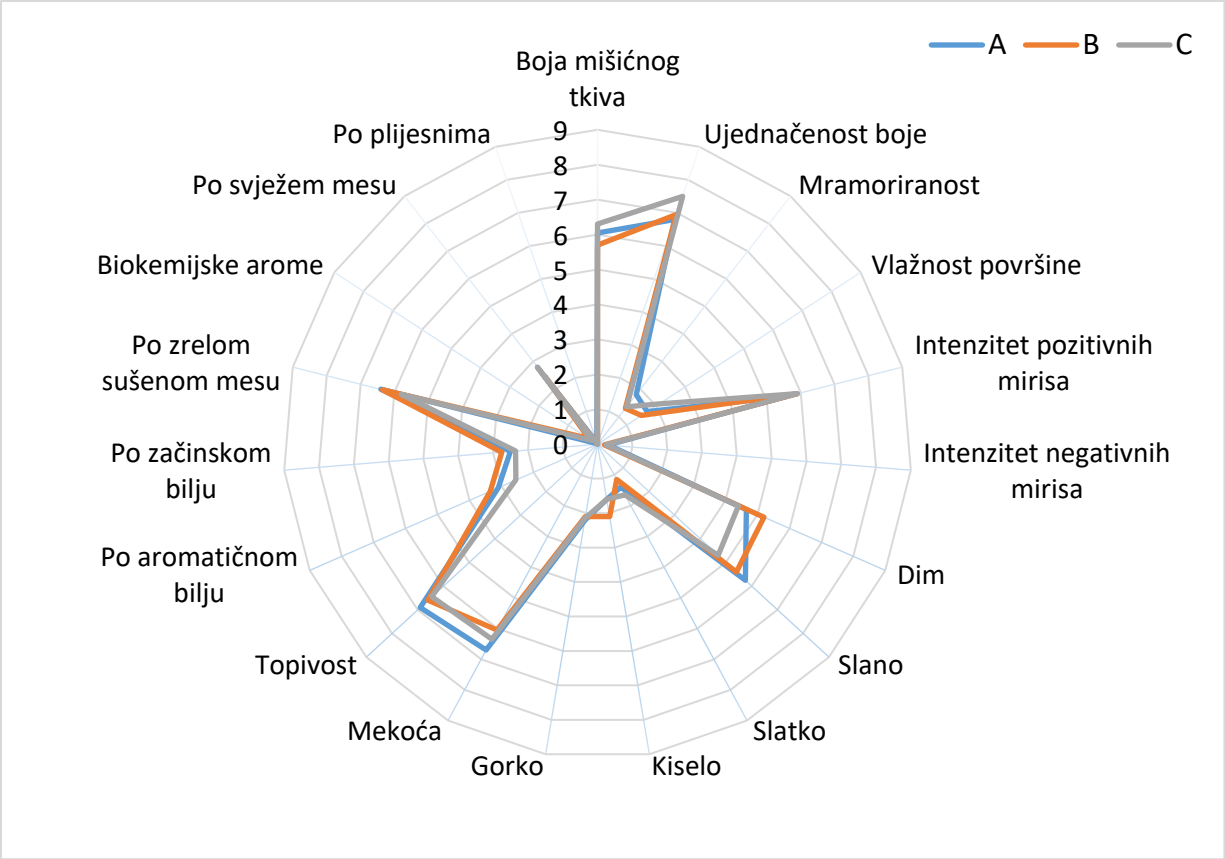
[ab] prosjeci označeni različitim slovima značajno se razlikuju ($P<0,05$)

U dijelu okusnih svojstava, tretman A ocijenjen je od strane panelista kao najslaniji ($P<0,05$), dok je tretman C ocijenjen kao najmanje slan. Prosjek ocjena pečenica tretmana A iznosio je

5,75, dok je kod pečenica tretmana C iznosio 4,70. Tretman B nije se značajno razlikovao u okusu slanosti od ostalih tretmana. Od svojstva aroma, jedino se svojstvo arome aromatičnog bilja značajno razlikovalo ($P<0,05$) između tretmana pri čemu je bilo najizraženije kod tretmana B, a najmanje kod tretmana C, dok se tretman A nije razlikovao od preostala dva tretmana.

Wu i sur. (2013.) proveli su istraživanje na suhoj šunki gdje su korištena tri tretmana s različitim udjelima soli (A: 100 % NaCl, B: 60 % NaCl, 40 % KCl, C: 30 % NaCl, 70 % KCl). Autori su zaključili kako nije bilo značajne razlike između tretmana u boji mesa što je u skladu s rezultatima dobivenim u ovom istraživanju. Međutim, u provedenom istraživanju su utvrđene značajne razlike ($P<0,05$) između tretmana u ujednačenosti boje koja je ocjenjena većim vrijednostima kod pokusnih tretmana, dok je mramoriranost bila ocjenjena s većom prisutnosti kod kontrolnog tretmana. Kako navode Wu i sur. (2013.) kod okusa slanosti tretmani su se međusobno značajno razlikovali što je slično rezultatima iz ovog istraživanja, jer je tretman A označen kao najslaniji, zatim slijedi tretman B i tretman C kao najmanje slan. Međutim, statistički značajna razlika utvrđena je samo između kontrolnog i pokusnog tretmana C, dok se tretmani A i B nisu značajno razlikovali. Navedeno bi moglo biti argument za čestu praktičnu primjenu smanjenja natrija u industriji prerade mesa, gdje se najčešće 25 % NaCl-a zamjenjuje s KCl-om. Ovim istraživanjem se potvrđuje da je takva praksa opravdana, iako su utvrđene blage razlike u slanosti. Pri istraživanju Wu i sur. (2013.) utvrđene su razlike u svojstvu gorko koja je bila najizraženije kad je zamijenjeno 70 % NaCl s KCl-om, dok se u ovom istraživanju tretmani nisu značajno razlikovali u tom svojstvu. Navedene razlike između rezultata istraživanja bi mogli objasniti sa znatno većim udjelom KCl-a od 70 % u istraživanju Wu i sur. (2013.) u odnosu na provedeno istraživanje gdje je udio KCl-a iznosio najviše 37,5 %. Izostanak značajnih razlika između tretmana u svojstvu gorko može dodatno predstavljati argument za opravdanu zamjenu 25 % NaCl-a s KCl-om.

Grafičkim prikazom podataka objektivnih svojstava na grafikonu 4.6.1. vidljivo je kako se linije pojedinih tretmana u mnogim dijelovima poklapaju, što ukazuje kako se tretmani nisu izrazito međusobno razlikovali.



Grafikon 4.6.1. Grafički prikaz vrijednosti objektivnih senzorskih svojstava

A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

Lorenzo i sur. (2015.) napravili su istraživanje s četiri različita tretmana soli u proizvodnji sušene lopatice. U prvom tretmanu, ujedno i kontrolnom korišten je samo NaCl, u drugom tretmanu korišteno je 50 % NaCl i 50 % KCl, u trećem tretmanu korišteno je 45 % NaCl, 25 % KCl, 20 % $CaCl_2$ te 10 % $MgCl_2$ i u četvrtom tretmanu korišteno je 30 % NaCl, 50 % KCl, 15 % $CaCl_2$ i 5 % $MgCl_2$. Statistička analiza nije pokazala značajne razlike između tretmana 2, 3 i 4 u odnosu na kontrolni tretman u intenzitetu mirisa i tvrdoće isto kao i u ovom istraživanju. Neznatna razlika u boji primijećena je između kontrolnog tretmana i tretmana 3. i 4., što se može pripisati $CaCl_2$ kako su prethodno zaključili Zanardi i sur. (2010.). U slanosti i gorčini pojavile su se značajne razlike između kontrolnog tretmana i tretmana 2, 3 i 4. Panelisti su ocijenili tretmane 2, 3 i 4 kao manje slane od kontrolnog tretmana, ali su ti tretmani bili gorči od kontrolnog tretmana. Uspoređujući rezultate ovog istraživanja i istraživanja navedenih autora može se zaključiti kako je za očekivati da će dodatak KCl-a pojačati okus gorko, ali kod udjela zamjene NaCl-a s KCl-om većim od 40 %.

Tablica 4.6.2. prikazuje rezultate statističke obrade podataka senzorne analize subjektivnih svojstava suhe pečenice po tretmanima. Tretmani su se značajno razlikovali u svojstvima dopadljivosti konzistencije i okusa, zrelosti, bogatstva pozitivnih aroma i cjelokupnoj dopadljivosti. Pečenice tretmana A ocijenjene su od strane panelista sa značajno većom ($P<0,05$) ocjenom u svim navedenim svojstvima u odnosu na pečenice tretmana B i C. Jedino

svojstvo koje je bilo bolje ocjenjeno kod pokusnih tretmana u odnosu na kontrolni tretman je svojstvo dopadljivosti presjeka, no ta razlika nije bila statistički značajna, a što bi se moglo povezati s izraženijom ujednačenosti boje kod tretmana C. Temeljem tog možemo zaključiti da su subjektivna svojstva bila značajno slabije ocjenjena kod pečenica kada je pri salamurenju NaCl zamijenjenim s KCl-om.

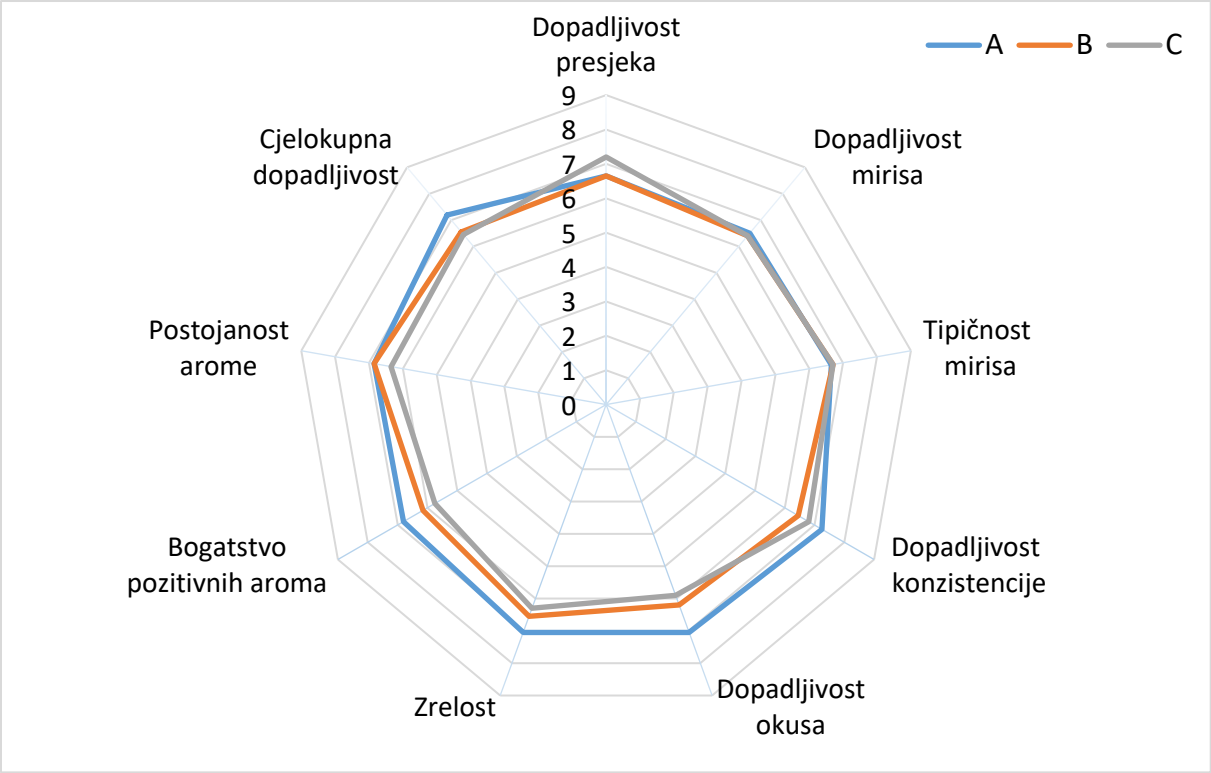
Tablica 4.6.2. Senzorska analiza subjektivnih svojstava suhe pečenice po tretmanima

Svojstvo	Tretman[1]		
	A	B	C
Dopadljivost presjeka	6,65 ± 0,21	6,65 ± 0,22	7,20 ± 0,14
Dopadljivost mirisa	6,50 ± 0,17	6,40 ± 0,17	6,40 ± 0,20
Tipičnost mirisa	6,65 ± 0,17	6,70 ± 0,22	6,70 ± 0,18
Dopadljivost konzistencije	$7,25^{a}$ ± 0,15	$6,45^{b}$ ± 0,20	$6,80^{ab}$ ± 0,20
Dopadljivost okusa	$7,05^{a}$ ± 0,20	$6,20^{b}$ ± 0,29	$5,90^{b}$ ± 0,27
Zrelost	$7,05^{a}$ ± 0,20	$6,55^{ab}$ ± 0,17	$6,30^{b}$ ± 0,18
Bogatstvo pozitivnih aroma	$6,80^{a}$ ± 0,25	$6,15^{b}$ ± 0,28	$5,75^{b}$ ± 0,23
Postojanost arome	6,85 ± 0,24	6,85 ± 0,22	6,35 ± 0,21
Cjelokupna dopadljivost	$7,20^{a}$ ± 0,16	$6,55^{b}$ ± 0,20	$6,45^{b}$ ± 0,20

[1] A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$
[ab] prosjeci označeni različitim slovima značajno se razlikuju (P<0,05)

Armenteros i sur. (2009.) proveli su istraživanje na suhoj pečenici s četiri tretmana, tretman A sadržavao je 100 % NaCl, tretman B 55 % NaCl, 25 % KCl, 15 % $CaCl_2$ te 5 % $MgCl_2$, tretman C sadržavao je 45 % NaCl, 25 % KCl, 20 % $CaCl_2$ i 5 % $MgCl_2$ i tretman D koji je sadržavao 30 % NaCl, 50 % KCl, 15 % $CaCl_2$ i 5 % $MgCl_2$. Kako navode autori, u odnosu na kontrolni tretman, pečenice iz tretmana B bile su značajno više preferirane (P<0,05) u svojstvu arome, tretman D je bio značajno manje preferiran (P<0,05) u svojstvu teksture, dok su tretmani C i D bili značajno manje preferirani u svojstvu okusa i ukupne dopadljivosti. Autori su zaključili da pečenice sa zamjenom NaCl-a do 45 % ne pokazuju značajno odstupanje u boji, teksturi, okusu ili cjelokupnoj dopadljivosti, a čak su češće preferirane u aromi. Nadalje, veći udjeli CaCl2 i MgCl2 (kao u tretmanima C i D) u smjesama za salamurenje dovode do izraženije proteolize i razvoja nepoželjnih okusa i aroma.

Grafički prikaz rezultata subjektivnih senzorskih svojstava na grafikonu 4.6.2. ukazuje na to kako se tretman A isticao od tretmana B i C. Tretmani B i C većinom su imali slične vrijednosti u većini svojstava, što ukazuje na to kako dodavanje KCl-a utječe na pojedina svojstva.



Grafikon 4.6.2. Grafički prikaz vrijednosti subjektivnih senzorskih svojstava

A: 75% NaCl, 25% $NaNO_2$; B: 50% NaCl, 25% KCl, 25% $NaNO_2$; C: 37,5% NaCl, 37,5% KCl, 25% $NaNO_2$

5. Zaključak

Temeljem dobivenih rezultata možemo istaknuti sljedeće:

- U početnim faza proizvodnje suhe pečenice utvrđeni su manji iznosi relativnog gubitka mase (kalo) kod tretmana s većim udjelom KCl-a u smjesi za salamurenje. Međutim, na kraju procesa proizvodnje najmanji relativni gubitak mase imao je kontrolni tretman A (35,32 %), a najveći tretman B s 25% KCl-a u smjesi za salamurenje (38,38 %).
- Tijekom proizvodnje suhe pečenice utvrđen je značajno veći ($P<0,05$) aktivitet vode kod pokusnih tretmana s dodanim KCl-om u odnosu na kontrolni tretman.
- Značajne razlike ($P<0,05$) između tretmana u pH vrijednosti pečenica utvrđene su nakon 7. dana proizvodnje, kao i nakon čuvanja kod 165. dana proizvodnje, a najveću pH vrijednost imao je tretman s najvećim udjelom KCL-a u smjesi za salamurenje.
- Tijekom proizvodnje suhe pečenice nisu ustanovljene značajne razlike između tretmana u boji mesa.
- Utvrđene su značajne razlike ($P<0,05$) između tretmana u sadržaju natrija, što je u skladu s očekivanjima zbog zamjene dijela NaCl-a s KCl-om u smjesi za salamurenje kod pokusnih tretmana. Slijedom tog, tretman A je imao najveći sadržaj natrija (18.833,33 mg/kg), zatim slijedi tretman B (14.666,67 mg/kg) te na kraju tretman C koji je imao najmanju koncentraciju natrija (11.333,33 mg/kg).
- Ustanovljeno je nekoliko značajnih razlika ($P<0,05$) objektivnih senzorskih svojstava između tretmana. Među njima, vrijedi istaknuti da je slani okus opisan sa značajno najvećem intenzitetom kod pečenica tretmana A u odnosu na tretman C, no ta razlika nije utvrđena u odnosu na tretman B. Iako je bilo očekivano, senzorskom analizom nije pronađena značajna razlika u gorkom okusu između tretmana.
- Obrada subjektivnih svojstava senzorske analize ukazuju kako su pečenice kontrolnog tretmana A opisane sa značajno većom ($P<0,05$) dopadljivosti konzistencije i okusa, zrelosti, bogatstvu pozitivnih aroma i cjelokupnoj dopadljivosti u odnosu na pokusne tretmane. Tretmani B i C su u većini svojstava imali slične vrijednosti.

Temeljem navedenog možemo zaključiti da je utvrđen utjecaj djelomične zamjene NaCl-a s KCl-om u soli za salamurenje na kalo, pH vrijednost, aktivitet vode, sadržaj natrija i senzorska svojstva suhih pečenica. Pritom nije utvrđen utjecaj na boju suhih pečenica. Vrijedi istaknuti pozitivnu stranu takve zamjene koja se najviše odnosi na manji sadržaj natrija što može ima korisne zdravstvene učinke. S druge strane, utvrđene vrijednosti aktiviteta vode ne pečenicama pokusnih tretmana nalaze na samoj granici dopuštenog i mogu predstavljati rizik za mikrobiološku sigurnost. Stoga, manji aktivitet vode i izraženija svojstva dopadljivosti pečenica kontrolnog tretmana upućuju na zaključak da zamjena NaCl-a s KCl-om nije dovoljno opravdana. Potrebno je provoditi dodatna istraživanja kako bi se nepovoljni utjecaji smanjenja sadržaja natrija sveli na prihvatljivu razinu.

6. Literatura

1. Agrobiz (2019). Gdje se u svijetu konzumira najviše mesa?; https://www.agrobiz.hr/agrovijesti/gdje-se-u-svijetu-konzumira-najvise-mesa-12169; pristupljeno: 30.11.2020.
2. Aliño M., Grau R., Toldrá F., Barat J. M. (2009). 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.
3. Aliño M., Grau R., Toldrá F., Blesa E., Jesús Pagán M., Barat J. M. (2010). Physicochemical properties and microbiology of dry-cured loins obtained by partial sodium replacement with potassium, calcium and magnesium. Meat Science. 85: 580-588.
4. 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(3): 423–430.
5. Armenteros 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 Agriculture Food Chemistry. 57: 9699-9705.
6. Barbut S., Maurer A. J., Lindsay R. C. (1988). Effects of reduced sodium-chloride and added phosphates on physical and sensory properties of turkey frankfurters. Journal of Food Science. 53: 62–66.
7. Barthoshuk L. M., Murphy C., Cleveland C. T. (1978). Sweet taste of dilute NaCl: psychophysical evidence for a sweet stimulus. Physiology and Behaviour. 21: 609–613.
8. BBC (2019). Wich countries eat the most meat?; https://www.bbc.com/news/health-47057341; pristupljeno: 30.11.2020.
9. Beauchamp G. K., Bertino M., Moran M. (1982). Sodium regulation: sensory aspects. Journal of the American Dietetic Association. 80: 40–45.
10. Bertino M., Beauchamp G. K., Engelman K. (1986). Increasing dietary salt alters salt taste preference. Physiology and Behavior. 38: 203–213
11. Blais C. A., Pangborn R. M., Borhani N. O., Ferrell M. F., Prineas R. J., Laing B. (1986.). Effect of dietary sodium restriction on taste responses to sodium chloride: a longitudinal study. The American Journal of Clinical Nutrition. 44: 232–243.
12. Cerveny J. G. (1980). Effects of changes in the production and marketing of cured meats on the risk of botulism. Food Technol. 34(5): 240-243.
13. Chasco J., Beriain M. J., Bello J. A. (1993). Study of changes in the fat content of some varieties of dry sausage during the curing process. Meat Science. 34: 191-204.
14. Cimeno O., Astiasarán I., Bello J. (2001). Calcium chloride as a potential partial substitute of NaCl in dry fermented sausages: effects on colour, texture and hygienic quality at different concentrations. Meat Science. 57: 23–29.
15. Cittadini A., Domínguez R., Gómez B., Pateiro M., Pérez-Santaescolástica C., López Fernández O., Sarriés M. V., Lorenzo J.M., (2020). Effect of NaCl replacement by other chloride salts on physicochemical parameters, proteolysis and lipolysis of drycured foal “cecina.” Journal Food Science Technology. 57: 1628–1635.
16. Crehan C. M., Troy D. J., Buckley D. J. (2000). Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. Meat Science. 55: 123–130.
17. Desmond E. (2006). Reducing salt: A challenge for the meat industry. Meat Science 74: 188-196.
18. Domínguez R., Munekata P. E., Cittadini A., Lorenzo J. M. (2016).Effect of the partial NaCl substitution by other chloride salts on the volatile profile during the ripening of dry-cured lacón. Grasas y Aceites. 67: 128.

19. Domínguez R., Purriños L., Pérez-Santaescolástica C., Pateiro M., Barba F. J., Tomasevic I., Campagnol P. C. B., Lorenzo J. M. (2019). Characterization of Volatile Compounds of DryCured Meat Products Using HS-SPME-GC/MS Technique. Food Anal Methods. 12: 1263–1284.
20. European Commission (2012). EU Salt Reduction Framework; https://ec.europa.eu/health//sites/health/files/nutrition_physical_activity/docs/salt_report1_en.pdf; pristupljeno 01.12.2020.
21. Fallis N., Lasagna L., Tetreault L. (1962). Gustatory thresholds in patients with hypertension. Nature. 196: 74–75.
22. Food technology magazine (2012). Novel Strategies for Reducing Sodium; https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2012/january/columns/ingredients; pristupljeno: 30.11.2020.
23. 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.
24. FSA (Food Standards Agency) (2016.) National Diet and Nutrition Survey. Assessment of dietary sodium. Adults (19 to 64 years) in Northern Ireland, 2015.
25. FSAI. (2005a). Salt and health: review of the scientific evidence and recommendations for public policy in Ireland. Food Safety Authority of Ireland.
26. Gan X., Li H., Wang Z., Emara A. M., Zhang D., He Z. (2019). Does protein oxidation affect proteolysis in low sodium Chinese traditional bacon processing? Meat Science. 150: 14–22.
27. Gelabert J., Gou P., Guerrero L., Arnau J. (2003). Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. Meat Science. 65: 833–839.
28. Gimeno O., Astiasarán I., Bello J. (1998). A Mixture of Potassium, Magnesium, and Calcium Chlorides as a Partial Replacement of Sodium Chloride in Dry Fermented Sausages. Journal Agriculture Food Chemistry. 46: 4372-4375.
29. Gimeno O., Astiasarán I., Bello J. (1999). Infulence of Partial Replacement of NaCl with KCl and $CaCl_2$ on Texture and Color of Dry Fermented Sausages. Journal Agriculture Food Chemistry. 47: 873-877
30. Haizhou W., Yingyang Z., Men L., Jing T., Xiang Y., Jiamei W., Jianhao Z. (2013). 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.
31. Hamm R. (1972). Kolloidchemie des Fleisches. Berlin and Hamburg: Paul Parey. 222 p.
32. Hauschild A. H. W., Hilsheimer R., Jarvis G., Raymond D. P. (1982). Contribution of nitrite to the control of Clostridium botulinum in liver sausage. Journal Food Protection. 45: 500-506.
33. Ibáñez C., Quintanilla L., Cid C., Astiasarán I., Bello J. (1996). Part I. Effect of partial replacement of NaCl with KCl on the stability and the nitrosation process. Meat Science. 44: 227-234.
34. Ibáñez C.. Quintanilla L.. Irigoyen A., García-Jalón I., Cid C., Astiasarán I., Bello J. (1995). Partial replacement of sodium chloride with potassium chloride in dry fermented sausages: Influence on carbohydrate fermentation and the nitrosation process. Meat Science. 40: 45-53.
35. Jin G., Zhang J. H., Yu X. A., Zhang Y. P., Lei Y. X., Wang, J. M. (2010). Lipolysis and lipid oxidation in bacon during curing and drying-ripening. Food Chemistry. 123(2): 465–471.
36. Lawless, H. T., Heymann, H. (2010). Sensory Evaluation of Food – Principles and Practices. Second Edition. Dordrecht Heidelberg, Springer, New York.
37. Leistner L., Herzog F., Wirth F. (1971). Untersuchungen u¨ber die Wasseraktivita¨t (aw-Wert) von Rohwurst. Fleischwirthschaft. 51: 213–216.
38. Loreen Kloss, Julia Dawn Meyer, Lutz Graeve, Walter Vetter (2014.). Sodium intake and its reduction by food reformulation in the European Union - A review, NFS Journal.

39. Lorenzo J. M. (2014). Changes on physico-chemical, textural, lipolysis and volatile compounds during the manufacturing of dry-cured foal „cecina“. Meat Science. 96: 256-263.
40. Lorenzo J.M., Cittadini A., Bermúdez R., Munekata P. E., Domínguez R. (2015). Influence of partial replacement of NaCl with KCl, CaCl 2 and MgCl 2 on proteolysis, lipolysis and sensory properties during the manufacture of dry-cured lacón. Food Control. 55: 90–96.
41. Mattes R. D. (1997). The taste for salt in humans. American Journal of Clinical Nutrition. 65: 692S–697S.
42. Matulis R. D., McKeith F. K., Sutherland J. W., Brewer M. S. (1995). Sensory characteristics of frankfurters as affected by fat, salt and pH. Journal of Food Science. 60: 42–47.
43. Miller I. J., Barthoshuk L. M. (1991). Taste perception, taste bud distribution, and spatial relationship. New York: Raven Press. 205–233.
44. OECD-FAO Agricultural Outlook (2020) Meat consumption; https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm; pristupljeno: 01.12.2020.
45. Offer G., Knight P. (1988). The structural basis of water-holding in meat. London: Elsevier Applied Science. 173-243
46. Pateiro M, Munekata P. E. S., Cittadini A., Domínguez R., Lorenzo J. M. (2020). Metallic-based salt substitutes to reduce sodium content in meat products, Current Opinion in Food Science. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.029
47. Pérez-Santaescolástica C., Carballo J., Fulladosa E., Garcia-Perez J. V., Benedito J., Lorenzo J. M. (2018). Effect of proteolysis index level on instrumental adhesiveness, free amino acids content and volatile compounds profile of dry-cured ham. Food Research International. 107: 559–566.
48. Petäjä E., Kukkonen E., Puolanne E. (1985). Einfluss des Salzgehaltes auf die Reifung von Rohwurst. Fleischwirtschaft. 65: 189–193.
49. Pivnick H., Barnett H. (1965). Effect of salt and temperature on toxinogenesis by Clostridium botulinum in perishable cooked meats vacuum-packed in air impermeable plastic pouches. Food Technology. 19: 1164-1168.
50. Pravilnik o mesnim proizvodima (NN, broj 30/15) (2018); https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_07_62_1292.html; pristupljeno: 05.01.2021.
51. Price J. F. (1997). Low-fat/salt cured meat products. London: Blackie Academic & Professional. 242-256.
52. Public Health England (2020). National Diet and Nutrition Survey: Assessment of salt intake from urinary sodium in adults (aged 19 to 64 years) in England 2018. to 2019.
53. Puolanne E., Peltonen J. (2012). The effects of high salt and low pH on the water-holding of meat. Meat Science. 93: 167-170.
54. Riera J. B., Martinez M. R., Salcedo R. C., Juncosa G. M., Sellart J. C. (1996). Process for producing a low sodium meat product. US Patent 5534279.
55. ruuHauschild A. H. W. (1980). Microbial problems in food safety with particular reference to Clostridium botulinum. In The Safety of Foods. 2nd ed. 68-107
56. Ruusunen M. (1985). Possibilities to reduce the salt content in meat products (In Finnish). Masters thesis, University of Helsinki, Department of Nutrition.
57. 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.
58. Ruusunen M., Puolanne E. (2004). Reducing sodium intake from meat products. Meat Science 70: 531-541.
59. Ruusunen M., Puolanne E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. Meat Science. 70: 531–541.

60. Ruusunen M., Särkkä-Tirkkonen M., Puolanne E. (2001). Saltiness of coarsely ground cooked ham with reduced salt content. Agricultural and Food Science in Finland. 10: 27–32.
61. Ruusunen M., Vainionpää, J., Puolanne E., Lyly M., Lähteenmäki L., Niemistö M., et al. (2005). Reducing the sodium content in meat products: the effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. Meat Science. 69: 53–60.
62. Ruusunen, M., Simolin M., Puolanne E. (2001). The effect of fat content and flavor enhancers on the perceived saltiness of cooked ''bologna-type'' sausages. Journal of Muscle Foods. 12: 107–120.
63. Sofos J. N., Busta F. F. (1980). Alternatives to the use of nitrite as an antibotulinal agent. Food Technology. 34 (51): 244-251.
64. Stahnke L. H. (1995). Dried sausages fermented with Staphylococcus xylosus at different temperatures and with different ingredient levels – Part I. Chemical and bacteriological data. Meat Science. 41: 179–191.
65. Terrell R. N. (1983). Reducing the sodium content of processed meats. Food Technology. 37: 66–71.
66. Terrell R. N., Childers A. B., Kayfus T. J., Ming C. G., Smith G. C., Kotula A. W., Johnson H. K. (1982). Effect of chloride salts and nitrite on survival of trichina larvae and other properties of pork sausages. Jourlna Food Protection. 45: 281-284.
67. Terrell R. N., Olson D. G. (1981). Chloride salts and processed meats: properties sources, mechanisms of action, labelling. American Meat Institute Foundation. 67-94.
68. True Animal Protein Price Coalitie (2020) FAO: global meat production decline; https://www.tappcoalition.eu/nieuws/14456/fao--global-meat-production-decline-in-2019-and-2020; pristupljeno: 01.12.2020.
69. UREDBA (EU) br. 1169/2011 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA o informiranju potrošača o hrani; https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1169&from=EN; pristupljeno: 02.12.2020.
70. Wilding P., Hedges N., Lillford P. J. (1986). Salt-induced swelling of meat: the effect of storage time, pH, ion-type and concentration. Meat Science. 18: 55–75.
71. Wu H., Yan W., Zhuang H., Huang M., Zhao J., Zhang J. (2016). Oxidative stability and antioxidant enzyme activities of dry-cured bacons as affected by the partial substitution of NaCl with KCl. Food Chemistry. 201: 237–242.
72. Zanardi E., Ghidini S., Conter M., Lanieri 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.
73. Zhang X., Yang J., Gao H., Zhao Y., Wang J., Wang S. (2020.). Substituting sodium by various metal ions affects the cathepsins activity and protelysis in dry-cured pork butts. Meat Science. 166: 108132.
74. Zhang Y. W. W., Zhang L., Hui T., Guo X. Y. Y., Peng Z. Q. Q. (2015). Influence of partial replacement of NaCl by KCl, l-histidine and l-lysine on the lipase activity and lipid oxidation in dry-cured loin process. Food Science Technology. 64: 966– 973.
75. Zhou Y., Wang Y., Pan Q., Wang X., Li P., Cai K., Chen C.(2020). Effect of salt mixture on flavor of reduced- sodium restructured bacon with ultrasound treatment. Food Science Nutrition. 8: 3857–3871.

Životopis

Andrija Škrlec, rođen 28. Travnja 1996. godine u Zaboku. Osnovnu školu pohađa u Zlataru, a srednju školu završava u Bedekovčini kao Poljoprivredni tehničar smjer opći. Godine 2015./2016. upisuje Agronomski fakultet u Zagrebu smjer Animalne znanosti. Završni rad na temu „Uzgoj goveda na području Krapinsko-zagorske županije“ piše 2018. godine pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Miljenka Konjačića te obranom stječe zvanje prvostupnika inženjera animlanih znanosti. Nakon toga upisuje studij Proizvodnje i prerade mesa te piše diplomski rad na temu „ Fizikalna i senzorska svojstva suhe pečenice sa smanjenim udjelom natrija“ pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ivice Kosa.

Vrlo dobro korištenje engleskog jezika u govoru i pismu, te se aktivno koristi računalnim operativnim sustavom Microsoft Windows, programskim paketom Microsoft Office i Internetom.