

Uporedni prikaz rezultata senzorskih i hemijskih i fizičko-hemijskih ispitivanja svežeg ohlađenog junećeg mesa upakovanog u vakuum tokom čuvanja u maloprodajnim uslovima

Lukić Mirjana¹, Vranić Danijela¹, Turubatović Lazar², Petrović Zoran¹, Milićević Dragan¹, Karan Dragica¹, Milijašević Milan¹

S a d r ž a j: Pakovanjem svežeg mesa u vakuumu može se znatno produžiti njegova održivost, a samim tim uticati na usporavanje hemijskih promena i očuvanje poželjnih senzorskih svojstava. Cilj ovog rada bio je uporedno ispitivanje senzorskih svojstava i hemijskih parametara koji se odnose na oksidativne i hidrolitičke promene u uzorcima sveže juneće ruže (*m. quadriceps femoris*) upakovane u vakuum, kao i ispitivanje međusobne zavisnosti utvrđenih hidrolitičkih i oksidativnih promena i senzorskih svojstava. Za eksperiment je korišćena juneća ruža koja je poticala od tri juneta rase simentalac, prosečne telesne mase 400 kg, koja su zaklana u industrijskoj klanici. Rasecanje mesa i pakovanje uzoraka u vakuum obavljeno je u roku od 40 sati nakon klanja. Uzorci su čuvani u strogo kontrolisanim uslovima, pri temperature 0–2°C (rashladna vitrina, maloprodajni objekat) i 0–4°C (skladište). Dinamika senzorskih i hemijskih ispitivanja je bila: 1. dana (nakon pakovanja), 7, 15, 21. i 28. dana u tri odvojena ciklusa. Senzorska svojstva ispitana su pomoću kvantitativno-deskriptivnog testa, na skali intenziteta od 1–5, a ispitane su sledeće osobine: izgled mesa, boja mesa po površini, boja mesa na preseku, struktura, tekstura, miris svežeg mesa, miris posle probe kuvanja, ukus posle probe kuvanja i ukus posle probe pečenja. Hemijsko ispitivanje parametara koji ukazuju na oksidativne i hidrolitičke promene obuhvatalo je kiselinski broj, peroksidni broj, TBK broj (test sa tiobarbiturnom kiselinom kojom se određuje sadržaj MAL–malondialdehida), TVB-N (total volatile basic nitrogen), a_w vrednost i pH. Upakovana juneća ruža u vakuumu je, sa aspekta senzorskih svojstava i utvrđenih hemijskih promena pri datim uslovima skladištenja, bila prihvatljiva u sva tri ciklusa, zaključno sa 21. danom ispitivanja. U prva dva ciklusa ispitivanja, u većini slučajeva, ustanovljena je umerena do jaka negativna korelacija između ispitanih hemijskih parametara i senzorskih svojstava junećeg mesa, dok su u trećem ciklusu uočene slabe negativne korelacije.

Ključne reči: sveže juneće meso, vakuum pakovanje, senzorska svojstva, hemijske promene.

Uvod

Pravilna, kvalitetna i zdravstveno bezbedna ishrana je neophodan preduslov za očuvanje i unapređenje zdravlja stanovništva, kao i za prevenciju mnogih bolesti. Kao dragocen izvor proteina visoke biološke vrednosti, gvožđa, vitamina B₁₂ i drugih vitamina B kompleksa, cinka, selena i fosfora, meso je nezamenljiva i najkvalitetnija komponenta zdrave i dobro izbalansirane ishrane (Biesalski, 2005).

Pored nutritivne vrednosti, važan aspekt kvaliteta mesa čine i njegova senzorska svojstva (boja,

miris, ukus, mekoća, sočnost, konzistencija), koja su, često, odlučujuća za prihvatljivost ove namirnice od strane potrošača (Parunović i dr., 2001). Boja mesa je prvi atribut kvaliteta sa kojim se potrošač sreće i koji za njega predstavlja pokazatelj svežine (Troy i Kerry, 2010). U svesti prosečnog potrošača, boja je sinonim za kvalitet svežeg crvenog mesa (Rennerre i Labas, 1987). Studija kojom su bili obuhvaćeni potrošači u Evropi (Glitsch, 2000) je pokazala da je pri kupovini goveđeg mesa boja bila dominantno odlučujuća. U skladu sa ovom studijom su i rezultati odnosa potrošača u Srbiji prema atributima

Napomena: Rezultati su proistekli iz rada na realizaciji Projekta ev. br. III 46009, koji, u okviru Programa istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja (2011–2014. godine), finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

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

²Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Ulica Jaroslava Černog 80, 11000, Beograd, Republika Srbija.

kvaliteta govedeg mesa, u kojoj je oko 43% učesnika ispitivanja navelo boju, kao najvažniji faktor pri kupovini mesa, a ružičastocrvenu boju je ocenilo najpoželjnijom (Ostojić i dr., 2006). Brojna ispitivanja percepcije kvaliteta mesa od strane potrošača su pokazala da su tri dominantna senzorska svojstva kojima potrošači ocenjuju kvalitet mesa pri konzumiranju mekoća, ukus i sočnost, pri čemu se mekoća smatra najvažnijim svojstvom.

Meso je, zbog svog hemijskog sastava, veoma podložno različitim degradativnim procesima (mikrobiološkim i fizičko-hemijskim), koji mogu dovesti i do narušavanja njegove hranljive vrednosti (Cannarsi i dr., 2005). Brojni međusobno povezani faktori utiču na očuvanje svežine i kvaliteta mesa, kao što su temperatura, izloženost svetlu, koncentracija kiseonika, masnokiselinski sastav, odnosno udeo nezasićenih masnih kiselina, endogeni enzimi (Skibsted i dr., 1998), a naročito aktivnost mikroorganizama, jer meso predstavlja izuzetan supstrat za rast mikroorganizama kvara i potencijalnih patogena (Kotula i Kotula, 2000). Takođe, na dužinu održivosti, odnosno kvar mesa, utiče i fiziološki status životinje pre klanja, kontaminacija za vreme klanja i rasecanja trupova, pH vrednost mesa, način i vrsta pakovanja (Nychas i dr., 2008). Svi ovi faktori, samostalno ili u kombinaciji, mogu da dovedu do nepoželjnih promena boje, mirisa, teksture i ukusa mesa (Zhou i dr., 2010).

Oksidacija lipida utiče na pojavu neprijatnog ukusa i mirisa mesa, a započinje na ćelijskim membranama mišićnog tkiva, u delu fosfolipida. Cepenjanje hidrofobnih veza između masnih kiselina unutar ćelijskih membrana omogućava hidrolizu lipida, oksidaciju slobodnih masnih kiselina i nastanak hidroperoksida (Enser, 2001; Simitzis i Deligeorgis, 2010). Razgradnja fosfolipida dovodi do nakupljanja sekundarnih produkata, kao što su pentanal, hexanal, 4-hidroksinonenal i malondialdehid (MAL), kao i aldehidi i ketoni (Fernandez i dr., 1997). Ovi sekundarni proizvodi mogu dovesti do gubitka boje i nutritivne vrednosti mesa usled reakcija sa mastima, proteinima, ugljenim hidratima i vitaminima (Bastić i dr., 1997) i zajedno sa heterocikličnim aromatičnim aminima direktno su povezani sa nastajanjem kancerogenih, mutagenih i aterogenih procesa (Skog, 1993; Liu i dr., 1995). Prema Gray-u (1978), istovremenim praćenjem oksidativnih promena lipida mesa i senzorskim registrovanjem užeglosti, ustanovljeno je da peroksidi ne prouzrokuju neželjene promene, već da užegao miris i ukus mesa uslovljavaju proizvodi njihove razgradnje, odnosno gore pomenuti sekundarni proizvodi degradacije.

Temperatura je jedan od osnovnih činilaca koji određuje brzinu enzimskih, hemijskih i fizičkih

promena u mesu. Hlađenjem svežeg mesa postiže se usporavanje procesa nastanka kvara, s obzirom da snižavanje temperature inhibira rast mikroorganizama (Cassens, 1994), a reaktivni molekuli, koji nastaju tokom lipidne oksidacije, su rastvoreni u lipidnoj frakciji i stabilni su na niskim temperaturama (Zarzycky i Swinarska, 1993). Međutim, u uslovima hlađenja, ne inhibira se rast psihrofilnih bakterija, kvasaca i plesni (Neumeyer i dr., 1997), tako da se i enzimski i neenzimski procesi nastavljaju, ali mnogo sporije (Berkel i dr., 2004). Nastanak isparljivih i neisparljivih amina, TVB-N (ukupno isparljiv azot – total volatile basic nitrogen) i TMA-N (trimetilamin – trimethylamine nitrogen) je, prvenstveno, posledica enzimske dekarboksilacije specifičnih amino-kiselina, odnosno mikrobiološke aktivnosti (Ruiz-Capillas i Jimenez-Colmenero, 2004).

Savremeni trendovi u prehrambenoj industriji prate zahteve potrošača za svežim, prirodno očuvanim i kvalitetnim proizvodima koji su što je moguće manje hemijski tretirani. Značajnu ulogu u savremenoj proizvodnji namirnica zauzima primena novih ambalažnih materijala i savremenih uslova i postupaka pakovanja (Tsigarida i dr., 2000). Postoji više faktora koji stimulišu stalno unapređenje načina pakovanja mesa i koji pomažu industriji mesa da zadovolji zahteve i prodavca i potrošača. Među ovim faktorima iz godine u godinu posebno se izdvajaju težnja za smanjenjem radne snage u maloprodaji, sve manje vremena kojim raspolaže današnji potrošač i njegova potreba za svežim, visokokvalitetnim mesom, kao i najveći prioritet industrije mesa da svojim potrošačima isporuči bezbednu hranu (Belcher, 2006).

Pakovanje svežeg mesa se sprovodi da bi se sprečila mikrobiološka kontaminacija, odložio kvar, omogućile enzimske aktivnosti u cilju poboljšanja mekoće mesa, smanjio kalo i obezbedila poželjna boja mesa u maloprodaji (Brody, 1997). Najrasprostranjeniji načini pakovanja svežeg mesa i proizvoda od mesa na našem tržištu su vakuum pakovanje i pakovanje u modifikovanoj atmosferi (MAP). Vakuum pakovanje podrazumeva uklanjanje vazduha, odnosno kiseonika iz pakovanja, pre njegovog zatvaranja, što se odražava na mikrobiološki profil upakovanog mesa. Ovaj način pakovanja utiče povoljno na senzorska svojstva mesa: sočnost, mekoću, ukus, kao i na zrenje mesa. Za crvena mesa namenjena maloprodaji, vakuum pakovanje se smatra nepodobnim, jer u atmosferi sa smanjenim sadržajem kiseonika nastaje deoksimioglobin, usled čega meso dobija tamnu crvenoljubičastu boju i postaje neprihvatljivo za potrošača (Gill, 1996). Uspešnost pakovanja u vakuumu zavisi od početnog mikrobiološkog i tehnološkog kvaliteta proizvoda, kao i

od primene adekvatne temperature skladištenja. Takođe, ambalažni materijal treba da ima dobre fizičko-mehaničke i barijerne karakteristike uz pravilno, hermetično formiranje i zatvaranje ambalaže. Da bi se izbeglo zaostajanje vazduha u pakovanju preporučuje se upotreba termoskupljajućih barijernih folija (Šakota i dr., 2002; Robertson, 2006).

Cilj ovog rada bio je uporedno ispitivanje senzorskih svojstava i hemijskih parametara koji se odnose na hidrolitičke i oksidativne promene u uzorcima sveže juneće ruže (*m. quadriceps femoris*) upakovane u vakuumu i čuvane u maloprodajnom objektu, pri temperaturi od 0–2°C. Pored toga, cilj je bio da se ispita i međusobna zavisnost utvrđenih hidrolitičkih i oksidativnih promena i senzorskih svojstava.

Materijal i metode

Uzorci svežeg junećeg mesa – ruže (*m. quadriceps femoris*), za potrebe eksperimenta, proizvedeni su u industrijskom objektu za preradu mesa. Juneća ruža je poticala od tri juneta simentalske rase, prosečne mase 400 kg, koja su zaklana u industrijskoj klanici. Rasecanje mesa i pakovanje uzoraka za ispitivanje je obavljeno u roku od 40 sati nakon klanja životinja. Odresci su bili ujednačene debljine 2–3 cm, neto mase između 400–500 g. Uzorci sveže juneće ruže upakovani su pomoću uređaja za vakuumiranje – Webomatic, sa ručnim preklapanjem komore za evakuaciju vazduha. Za pakovanje su korišćene kese S TIP HB-X (Spektar – Gornji Milanovac), od biaksijalno orijentisanog višeslojnog filma (7 slojeva), dimenzija 200×300 mm i debljine 100 mikrona WVTR (Water Vapour Transmission Rate – 6 jedinica, određena prema ASTM E96-00; Oxygen Transmission Rate – 8 jedinica, određena prema ASTM D-3985-95). Temperatura kupatila za potapanje bila je 88°C, a vreme potapanja 2 sekunde. Upakovani uzorci su istog dana, popodne, transportovani vozilom sa termokingom do centralnog magacina, u plastičnim kasetama, a narednog dana ujutru, u hladnom lancu, do maloprodajnog objekta. U maloprodajnom objektu su čuvani u rashladnim vitrinama, sa veštačkim osvetljenjem, pri temperaturi 0–2°C, a po završetku radnog vremena u skladištu, pri temperaturi 0–4°C. Uzorci su u hladnom lancu dostavljani u laboratoriju, gde su obavljena senzorska, hemijska i fizičko-hemijska ispitivanja 1, 8, 15, 21. i 28. dana. U planiranim terminima, po danima ispitivanja gledano od trenutka rasecanja, odnosno pakovanja u industrijskom pogonu, ispitano je po 6 uzoraka upakovane juneće ruže. Navedena

uporedna ispitivanja obavljena su u okviru tri testa održivosti, odnosno tri vremenski odvojena ciklusa.

Senzorska ispitivanja rađena su pomoću kvantitativno deskriptivnog testa (SRPS ISO 6658, 2001), na numeričko-deskriptivnoj skali, sa ocenama od 1 do 5, pri čemu je 1 – neprihvatljivo; 2 – na granici prihvatljivosti; 3 – prihvatljivo; 4 – veoma prihvatljivo; 5 – izuzetno prihvatljivo. Ocenjena su sledeća senzorska svojstva: izgled mesa, boja mesa po površini, boja mesa na preseku, struktura, tekstura, miris svežeg mesa, miris posle probe kuvanja, ukus posle probe kuvanja i ukus posle probe pečenja. Grupa od šest ocenjivača činila je panel za ocenu senzorskih svojstava ispitanih uzoraka junećeg mesa upakovanog u vakuumu. Ocenjivačima su prethodno testirana čula pomoću testa za utvrđivanje osećaja ukusa (SRPS ISO 3972, 2001) i testa za obuku ocenjivača u otkrivanju i prepoznavanju mirisa (SRPS ISO 5496, 2001).

Tokom skladištenja u uslovima maloprodaje, u upakovanom junećem mesu, ispitani su i hemijski i fizičko-hemijski parametri koji ukazuju na hidrolitičke i oksidativne promene. Kiselinski broj je određen prema metodi SRPS EN ISO 660/2011, peroksidni broj prema metodi SRPS EN ISO 3960/2011; TBK broj (test sa tiobarbiturnom kiselinom kojom se određuje sadržaj MAL – malondialdehida) prema metodi Tarladgis i dr. (1964) i Holland (1971). pH vrednost uzoraka je merena na laboratorijskom pH-metru, model Cyber Scan, pH 510 Meter (EU-TECH Instruments), Holandija, u skladu sa standardnom metodom SRPS ISO 2917/2004, a a_w vrednost je određivana pomoću higrometra (a_w metar FAsT/1, proizvođač GBX Scientific Instruments, Francuska) prema standardnoj metodi ISO 21807:2004(E). TVB-N je ispitivan primenom metode koja je navedena u Official Journal of the European Union (2005).

Statistička analiza

Statistička obrada rezultata je obavljena korišćenjem softverskog paketa MINITAB, verzija 16.1.0.0, Minitab Inc. © USA. Za svaki ispitani parametar dobijeni podaci su prikazani kroz srednje vrednosti, standardne devijacije, koeficijente varijacija i intervale varijacija. Pre izbora odgovarajućeg statističkog testa određena je najbolja individualna distribucija serije podataka (analizirano je 16 različitih distribucija) bazirana na najnižoj vrednosti Anderson-Darling-ovog koeficijenta i najvišoj p vrednosti (iznad 0,05) u cilju konačnog izbora distribucije koja najbolje prati normalnu raspodelu. Nakon izbora najpogodnije distribucije, urađena je odgovarajuća transformacija podataka. Za određivanje statističke značajnosti razlika između srednjih

vrednosti $acuu$ za ispitana senzorska svojstva, po ciklusima, korišćena je ANOVA sa primenom post hoc Tukey HSD testa. Značajnost korelacionih povezanosti između ispitanih senzorskih i hemijskih i fizičko-hemijskih parametara u okviru pojedinačnih ciklusa ispitivanja, određena je računanjem Pirsonovog (Pearson) korelacionog koeficijenta I . Statistička analiza je sprovedena na nivou značajnosti od 95% ($p < 0,05$).

Rezultati i diskusija

Senzorska ispitivanja

Rezultati senzorskih ispitivanja sveže juneće ruže upakovane u vakuumu prikazani su u tabelama 1 i 2.

Prvog dana, u sva tri ciklusa ispitivanja, kao i osmog dana u trećem ciklusu ispitivanja, sva senzorska svojstva upakovane juneće ruže u vakuumu ocenjena su kao „izuzetno prihvatljiva“ ($5,00 \pm 0,00$). Po površini, kao i na preseccima juneće ruže, miris je bio karakterističan za juneće meso, bez stranih primesa. Meso je bilo ružičastocrvene boje, a pripadajuće masno tkivo krembele boje. Posle probe kuvanja i probe pečenja, miris i ukus su bili prijatni, svojstveni za vrstu mesa. U prvom i u drugom ciklusu 8. i 15. dana, kao i 15. dana u trećem ciklusu ispitivanja, senzorska svojstva su takođe ocenjena visokim ocenama koje su se kretale od $4,5 \pm 0,0$ do $5,0 \pm 0,0$ (izuzetno prihvatljiva). U sva tri ciklusa ispitivanja 21. dana, senzorska svojstva upakovane juneće ruže, iako ocenjena nešto nižim ocenama (od $3,5 \pm 0,0$ do $4,2 \pm 0,3$) bila su „veoma prihvatljiva“. Senzorskim ispitivanjem, 28. dana, u sva tri ciklusa, ustanovljen je kvar mesa i, sa aspekta svih senzorskih svojstava, ono je ocenjeno kao „neprihvatljivo“ ($1,0 \pm 0,0$). U vakuum pakovanju je bila vidljiva izdvojena zamućena tečnost, neprijatnog mirisa. Površina junećeg mesa je bila sluzava i lepljiva, nesvojstvene, sivo-crvene boje, a miris mesa po površini i na preseccima izrazito neprijatan. Rezultati senzorskih i hemijskih ispitivanja juneće ruže upakovane u vakuumu, koji se odnose na ispitivanja 28. dana (konstatovan kvar mesa) nisu predstavljeni u ovom radu, niti su uzeti u obzir prilikom obrade podataka. S obzirom da je primenjenom kvantitativno-deskriptivnom skalom kao granica prihvatljivosti definisana ocena 2,0, dobijene vrednosti ocena pokazuju da je upakovana juneća ruža u vakuumu zadržala prihvatljiva senzorska svojstva u sva tri ciklusa ispitivanja zaključno sa 21. danom ispitivanja.

Rezultati senzorskog ispitivanja u ovom radu su u saglasnosti sa rezultatima *Karan i dr.*

(neobjavljeni podaci) koji su ispitivali održivost junećeg mesa upakovanog u vakuumu (juneća plečka bez kosti i juneći but bez kosti) pri temperaturi skladištenja $+4^{\circ}\text{C}$ i ustanovili da je juneće meso u vakuum pakovanju zadržalo prihvatljiva senzorska svojstva 20 dana.

Na senzorska svojstva goveđeg mesa utiču brojni faktori koji se mogu podeliti na premortalne (rasa, starost, pol, klanična težina, ishrana, izloženost stresu) i tehnološke (postupci na liniji klanja, hladni lanac, vreme zrenja i dr.), (*Dransfield i dr.*, 1992). Sa druge strane, očuvanje kvaliteta svežeg mesa upakovanog u vakuum zavisi od više faktora, pre svega inicijalne mikrobiološke kontaminacije, temperature skladištenja, propustljivosti materijala za pakovanje (*Stiles*, 1991). Shodno tome i rezultati pojedinih ispitivanja održivosti ukazuju na razlike u senzorskim osobinama junećeg mesa upakovanog u vakuumu. Dostupni podaci iz literature o uticaju vakuum pakovanja na senzorska svojstva junećeg mesa su vrlo oskudni i uglavnom su u vezi sa istraživanjima u kojima je uporedo praćen uticaj različitih smeša gasova i vakuuma (uglavnom korišćen kao „kontrola“) na održivost upakovanog mesa.

Ispitivanja *Lagerstedt-a i dr.* (2011), koja su sprovedena na goveđim odrescima *m. longissimus dorsi* upakovanim u vakuumu i smešu gasova (80% O_2 i 20% CO_2), su pokazala da je grupa uzoraka upakovana u vakuumu nakon termičke obrade ocenjena kao sočnija, mekše teksture, sa izraženijim mirisom i ukusom u odnosu na uzorke upakovane u MAP. Prema ispitivanju *Tørngren-a* (2003), mekoća goveđih odrezaka (*m. longissimus dorsi*) upakovanih u smešu gasova (80% O_2 i 20% CO_2) ocenjena je nižom ocenom u poređenju sa mekoćom odrezaka pakovanih u atmosferu sa 50% CO_2 i 50% N_2 i pakovanih u vakuumu, što potvrđuju rezultatima svojih ispitivanja i *Grobbel i dr.* (2008) i *Sørheim i dr.* (2004).

Pojedina istraživanja ukazuju na pozitivan uticaj vakuum pakovanja na stabilnost boje junećeg mesa u odnosu na pakovanje u smeši gasova (MAP). Tako su *Insausti i dr.* (1999) ustanovili veću stabilnost boje goveđeg mesa upakovanog u vakuumu u odnosu na boju mesa upakovanog u smešu gasova (60% O_2 : 30% CO_2 : 10% N_2) tokom petnaest dana skladištenja na temperature $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$. *Canganella i dr.* (1993) su ispitali stabilnost boje goveđeg mesa skladištenjem do 21. dana na $2-4^{\circ}\text{C}$ u vakuumu i smeši gasova (80% N_2 : 20% CO_2). U pomenutoj studiji, utvrđena je veća stabilnost boje mesa pakovanog u vakuumu, što je u saglasnosti sa rezultatima naših ispitivanja, u kojima je boja mesa upakovanog u vakuumu i 21. dana u sva tri ciklusa ispitivanja bila „veoma prihvatljiva“.

Tabela 1. Senzorska ocena sveže juneće ruže u vakuum pakovanju
Table 1. Sensory evaluation of fresh beef thick flank in vacuum packaging

Osobine/ Traits	JUNEĆA RUŽA U VAKUUM PAKOVANJU BEEF THICK FLANK – VACUUM PACKAGING											
	CIKLUS I/dan ispitivanja Cycle I/examination day				CIKLUS II/dan ispitivanja Cycle II/examination day				CIKLUS III/dan ispitivanja Cycle III/examination day			
	1	8	15	21	1	8	15	21	1	8	15	21
Izgled mesa/ Appearance of meat	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,8 ³	4,6±0,4 ¹ 1,0 ² 8,2 ³	3,7±0,5 ¹ 1,5 ² 14,1 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,5±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,5±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	3,7±0,3 ¹ 0,5 ² 7,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	3,7±0,5 ¹ 1,5 ² 14,1 ³
Boja mesa po površini/ Color of meat- surface	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	4,6±0,2 ¹ 0,5 ² 4,6 ³	3,7±0,3 ¹ 0,5 ² 7,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,5±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,5±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	3,7±0,3 ¹ 0,5 ² 7,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	3,7±0,5 ¹ 1,5 ² 14,1 ³
Boja mesa na preseku/ Color of meat intersection	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,3 ³	4,6±0,4 ¹ 1,0 ² 8,2 ³	3,9±0,4 ¹ 1,0 ² 9,6 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,5±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,5±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	3,8±0,3 ¹ 0,5 ² 6,7 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,2±0,3 ¹ 0,5 ² 6,2 ³
Struktura/ Structure	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,3 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,3 ³	4,1±0,2 ¹ 0,5 ² 5,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,3 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,8 ³	3,8±0,3 ¹ 0,5 ² 7,3 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,2±0,3 ¹ 0,5 ² 6,2 ³
Tekstura/ Texture	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,8 ³	4,6±0,4 ¹ 1,0 ² 8,2 ³	3,6±0,7 ¹ 1,5 ² 18,6 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,5±0,3 ¹ 1,0 ² 7,0 ³	4,5±0,3 ¹ 1,0 ² 7,0 ³	3,5±0,3 ¹ 1,0 ² 9,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	3,5±0,6 ¹ 1,5 ² 18,1 ³
Miris svežeg mesa/ Smell of fresh meat	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,3 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,8 ³	3,6±0,7 ¹ 1,5 ² 18,6 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	3,5±0,3 ¹ 1,0 ² 9,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,3 ³	3,5±0,6 ¹ 1,5 ² 18,1 ³
Miris posle probe kuvanja/ Smell of meat after cooking test	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,3 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,8 ³	3,8±0,6 ¹ 1,5 ² 16,3 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	3,5±0,5 ¹ 1,0 ² 12,8 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,3 ³	3,8±0,6 ¹ 1,5 ² 15,8 ³
Ukus posle probe kuvanja/ Taste of meat after cooking test	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,8 ³	4,6±0,2 ¹ 0,5 ² 4,5 ³	3,7±0,3 ¹ 0,5 ² 7,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,5±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,5±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	3,5±0,3 ¹ 1,0 ² 9,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	3,7±0,6 ¹ 1,5 ² 16,5 ³
Ukus posle probe pečenja/ The taste of meat after roasting test	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,8 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	3,7±0,3 ¹ 0,5 ² 7,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	4,7±0,3 ¹ 0,5 ² 5,5 ³	3,5±0,3 ¹ 1,0 ² 9,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	5,0±0,0 ¹ 0 ² 0,0 ³	4,8±0,3 ¹ 0,5 ² 5,3 ³	3,5±0,6 ¹ 1,5 ² 18,0 ³

Legenda/Legend: ¹ $\bar{x} \pm Sd$ (aritmetička sredina ± standardna devijacija/mean value ± standard deviation); ²Iv (interval varijacije/variation interval); ³Cv (%) (koeficijent varijacije/variation coefficient)

Na osnovu vrednosti koeficijenta varijacije (Cv%) može se zaključiti da je ocenjivački panel sastavljen od šest ocenjivača bio homogen i da je postignuta konzistentnost u rezultatima tokom sva tri ciklusa ispitivanja. Utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika ($p > 0,05$) srednjih vrednosti ispitanih senzorskih svojstava juneće ruže upakovane u vakuumu između ciklusa ispitivanja (tabela 2).

Dobijeni rezultati senzorskog ispitivanja mogu se tumačiti ujednačenim inicijalnim kvalitetom junećeg mesa, poštovanjem svih implementiranih

procedura u industrijskom objektu na liniji klanja, rasecanja i pakovanja, kao i hladnog lanca tokom skladištenja i dostavljanja uzoraka u laboratoriju na ispitivanje, tokom sva tri ciklusa.

Hemijska i fizičko-hemijska ispitivanja

Rezultati hemijskih i fizičko-hemijskih ispitivanja prikazani su u tabeli 3. Iz tabelarnog prikaza se može videti da su najniže a_w vrednosti izmerene 1. dana ispitivanja u drugom i trećem ciklusu

Tabela 2. Senzorska ocena sveže juneće ruže u vakuum pakovanju – zbirni prikaz po ciklusima
Table 2. Sensory evaluation of fresh beef thick flank – vacuum packaging – summary by cycles

Osobine/Traits	JUNEĆA RUŽA U VAKUUM PAKOVANJU BEEF THICK FLANK – VACUUM PACKAGING					
	CIKLUS I/ ZBIRNO Cycle I/total		CIKLUS II/ ZBIRNO Cycle II/total		CIKLUS III/ ZBIRNO Cycle III/total	
Izgled mesa/Appearance of meat	4,5±0,6 ¹	13,5 ²	4,4±0,5 ¹	11,4 ²	4,6±0,6 ¹	13,5 ²
Boja mesa po površini/Color of meat-surface	4,5±0,5 ¹	12,1 ²	4,4±0,5 ¹	11,4 ²	4,6±0,6 ¹	13,5 ²
Boja mesa na preseku/Color of meat intersection	4,6±0,5 ¹	10,1 ²	4,5±0,4 ¹	9,9 ²	4,8±0,4 ¹	8,1 ²
Struktura/Structure	4,7±0,4 ¹	8,8 ²	4,6±0,6 ¹	11,9 ²	4,8±0,4 ¹	8,1 ²
Tekstura/Texture	4,5±0,7 ¹	14,9 ²	4,4±0,6 ¹	14,0 ²	4,5±0,7 ¹	15,5 ²
Miris svežeg mesa/Smell of fresh meat	4,5±0,7 ¹	14,9 ²	4,6±0,6 ¹	14,0 ²	4,6±0,7 ¹	15,7 ²
Miris posle probe kuvanja/Smell of meat after cooking test	4,6±0,6 ¹	13,1 ²	4,5±0,6 ¹	14,4 ²	4,7±0,6 ¹	12,5 ²
Ukus posle probe kuvanja/Taste of meat after cooking test	4,5±0,6 ¹	12,3 ²	4,4±0,6 ¹	13,2 ²	4,6±0,6 ¹	13,9 ²
Ukus posle probe pečenja/The taste of meat after roasting test	4,5±0,6 ¹	12,4 ²	4,5±0,6 ¹	14,0 ²	4,6±0,7 ¹	15,7 ²

Legenda/Legend: ¹ $\bar{x} \pm Sd$ (aritmetička sredina ± standardna devijacija/mean value ± standard deviation);
²Cv (%) (koeficijent varijacije/variation coefficient)

(0,962 ± 0,002 i 0,966 ± 0,002, respektivno), odnosno 8. dana ispitivanja u prvom ciklusu (0,962 ± 0,001), dok su najviše *a_w* vrednosti zabeležene 21. dana u prvom i trećem ciklusu (0,993 ± 0,002 i 0,990 ± 0,001, respektivno), odnosno 8. dana (0,974 ± 0,002) i 21. dana (0,974 ± 0,002) u drugom ciklusu. S obzirom da sveže meso uglavnom ima *a_w* vrednost veću od 0,85, potrebno je hlađenjem ili na neki drugi način kontrolisati rast patogena (Smith i Stratton, 2006). Vrednosti *a_w* od 0,980 do 0,995 najviše pogoduju razvoju mikroorganizama.

Kod svih analiziranih uzoraka iz sva tri ciklusa, došlo je do pada pH vrednosti tokom prvih osam dana ispitivanja, nakon čega se pH vrednost postepeno povećavala i 21. dana iznosila 5,93 ± 0,02 (prvi ciklus); 5,97 ± 0,02 (drugi ciklus); 6,13 ± 0,01 (treći ciklus). Prema rezultatima Russell i dr. (1996), za rast bakterija kvara mesa najpogodnija je pH vrednost od 5,5 do 7,0. Formiranje sluzi, degradacija strukturnih komponenata, kao i pojava neprijatnog mirisa u mesu, mogu biti posledica rasta mikroorganizama u ovoj oblasti pH vrednosti. Utvrđene pH vrednosti, u našem ispitivanju, za sva tri ciklusa ispitanih uzoraka bile su u opsegu od 5,68 (min.) do 6,13 (max.). Prema Khaksar i dr. (2010), sadržaj hidroperoksida kao mera oksidativne razgradnje lipida značajnije raste pri pH 6,8 nego pri pH 3, što dodatno znači i veći sadržaj malondialdehida pri pH 6,8. Ali, nastanak mlečne

kiseline, kao rezultat rasta bakterija mlečnokiselinskog vrenja je od najvećeg značaja za opadanje pH vrednosti u upakovanom mesu. Naime, vakuum pakovanje potencira rast fakultativno anaerobne mikroflore, uključujući bakterije mlečne kiseline, bakterije iz familije *Enterobacteriaceae* i *Brochothrix thermosphacta* (Baltić i dr., 2012). U pakovanju se povećava sadržaj CO₂, laktata i drugih kiselih proizvoda, što dovodi do snižavanja pH vrednosti, pri čemu, u ovom procesu ne učestvuju samo mikroorganizmi, već i enzimi samog mesa (Radetić i dr., 2007).

Vrednost kiselinskog broja (mg KOH/g), tokom perioda ispitivanja, pokazuje permanentni i brzi porast u sva tri ciklusa (prvi ciklus, 1. dan ispitivanja – 1,08 ± 0,10 i 21. dan – 2,79 ± 0,45; drugi ciklus, 1. dan ispitivanja – 1,24 ± 0,24 i 21. dan – 3,49 ± 0,28; treći ciklus, 1. dan ispitivanja – 1,53 ± 0,34 i 21. dan 5,07 ± 0,44). Drastičniji porast kiselinskog broja, u svim ispitivanim uzorcima, u sva tri ciklusa, utvrđen je u završnoj fazi skladištenja, odnosno u periodu od 15. do 21. dana (tabela 3). Ovaj parametar je pokazatelj početka hidrolitičke degradacije lipida u mesu i njegov porast tokom čuvanja mesa je uobičajena pojava. Vrednost kiselinskog broja je u vezi sa sadržajem vode u mesu, koja doprinosi reakcijama hidrolize (Naz i dr., 2005). Takođe, niža pH vrednost utiče na smanjenje lipolize (Khaksar i dr., 2010).

Tabela 3. Hemijski i fizičko-hemijski parametri održivosti sveže juneće ruže u vakuum pakovanju
Table 3. Chemical and physico-chemical parameters of the fresh beef thick flank shelf-life in vacuum packaging

Ispitivani parametar/ Examined parameter	CIKLUS I/dan ispitivanja Cycle I/day of examination				CIKLUS II/dan ispitivanja Cycle II/day of examination				CIKLUS III/dan ispitivanja Cycle III/day of examination			
	1	8	15	21	1	8	15	21	1	8	15	21
Ukupno isparljivi azot TVB-N (mg/100g)/Total volatile basic nitrogen(mg/100)	33,54±0,21 ¹ 33,22-33,80 ² 0,62 ³	34,91±0,40 ¹ 34,19-35,30 ² 1,14 ³	30,51±0,18 ¹ 30,37-30,87 ² 0,59 ³	45,19±0,26 ¹ 44,79-45,48 ² 0,57 ³	30,23±0,37 ¹ 29,75-30,76 ² 1,22 ³	31,07±0,13 ¹ 30,88-31,20 ² 0,42 ³	31,18±0,31 ¹ 30,80-31,38 ² 0,99 ³	34,04±0,20 ¹ 34,00-34,28 ² 0,58 ³	30,14±0,28 ¹ 29,68-30,38 ² 0,92 ³	34,96±0,16 ¹ 34,71-35,20 ² 0,45 ³	31,08±0,35 ¹ 30,80-31,64 ² 1,12 ³	35,04±0,48 ¹ 34,72-35,82 ² 1,73 ³
Kiselinski broj (mg KOH/g)/ Acid value (mg KOH/g)	1,08±0,10 ¹ 0,96-1,20 ² 9,25 ³	1,65±0,38 ¹ 1,04-1,95 ² 23,03 ³	2,17±0,14 ¹ 2,05-2,40 ² 6,45 ³	2,79±0,45 ¹ 2,23-3,38 ² 16,12 ³	1,24±0,24 ¹ 0,95-1,50 ² 19,35 ³	2,07±0,14 ¹ 1,96-2,10 ² 6,76 ³	2,16±0,06 ¹ 2,08-2,23 ² 2,77 ³	3,49±0,28 ¹ 2,93-3,61 ² 8,02 ³	1,53±0,34 ¹ 1,08-1,87 ² 22,22 ³	2,48±0,41 ¹ 2,17-2,83 ² 16,53 ³	3,10±0,60 ¹ 2,63-4,00 ² 19,35 ³	5,07±0,44 ¹ 4,37-5,50 ² 8,67 ³
Peroksidni broj (mmol/kg)/ Peroxide value (mmol/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TBK test/TBA value (mg MAL/kg)	0,00	0,08±0,01 ¹ 0,07-0,10 ² 12,5 ³	0,16±0,02 ¹ 0,14-0,18 ² 12,5 ³	0,39±0,01 ¹ 0,37-0,41 ² 2,56 ³	0,00	0,08±0,02 ¹ 0,06-0,11 ² 25,00 ³	0,13±0,01 ¹ 0,13-0,14 ² 7,69 ³	0,14±0,01 ¹ 0,12-0,15 ² 7,14 ³	0,00	0,05±0,01 ¹ 0,04-0,05 ² 20,00 ³	0,15±0,01 ¹ 0,14-0,16 ² 6,66 ³	0,09±0,01 ¹ 0,08-0,10 ² 11,11 ³
pH vrednost/pH value	6,03±0,03 ¹ 6,00-6,07 ² 0,50 ³	5,68±0,00 ¹ 5,68-5,68 ² 0,00 ³	5,87±0,04 ¹ 5,80-5,93 ² 0,68 ³	5,93±0,02 ¹ 5,91-5,96 ² 0,33 ³	6,04±0,02 ¹ 6,02-6,06 ² 0,33 ³	5,96±0,04 ¹ 5,89-5,98 ² 0,67 ³	6,06±0,02 ¹ 6,02-6,16 ² 0,33 ³	5,97±0,02 ¹ 5,95-6,00 ² 0,34 ³	6,05±0,02 ¹ 6,03-6,07 ² 0,33 ³	5,84±0,01 ¹ 5,83-5,85 ² 0,17 ³	5,93±0,02 ¹ 5,91-5,94 ² 0,34 ³	6,13±0,01 ¹ 6,12-6,14 ² 0,16 ³
a _w aktivnost vode/ a _w water activity	0,964±0,002 ¹ 0,961-0,965 ² 0,21 ³	0,962±0,001 ¹ 0,960-0,963 ² 0,10 ³	0,972±0,001 ¹ 0,991-0,994 ² 0,10 ³	0,993±0,002 ¹ 0,991-0,996 ² 0,20 ³	0,962±0,002 ¹ 0,960-0,964 ² 0,20 ³	0,974±0,002 ¹ 0,961-0,979 ² 0,20 ³	0,964±0,003 ¹ 0,960-0,966 ² 0,31 ³	0,974±0,002 ¹ 0,972-0,978 ² 0,20 ³	0,966±0,002 ¹ 0,962-0,970 ² 0,20 ³	0,983±0,004 ¹ 0,980-0,989 ² 0,40 ³	0,974±0,001 ¹ 0,971-0,976 ² 0,10 ³	0,990±0,001 ¹ 0,988-0,991 ² 0,10 ³

Legenda/Legend: ¹ $\bar{x} \pm Sd$ (aritmetička sredina \pm standardna devijacija/mean value \pm standard deviation); ²Iv (interval varijacije/variation interval); ³Cv% (koeficijent varijacije/variation coefficient)

U vakuum upakovanoj junećoj ruži, peroksidni broj je, u sva tri ciklusa, u svim ispitivanjima, iznosio 0,00 mmol/kg, što ukazuje da nije utvrđen nastanak primarnih proizvoda oksidacije. Vrednost peroksidnog broja je, uglavnom u vezi sa pH vrednošću mesa. Naime, kada je pH vrednost bliža vrednosti 7, uslovi za oksidaciju su „povoljniji“ (Xie i Wang, 2007).

U junećoj ruži, upakovanoj u vakuum, sadržaj malondialdehida (MAL) je u sva tri ciklusa 1. dana iznosio 0,00 mg/kg, odnosno nije utvrđeno prisustvo sekundarnih proizvoda oksidacije. U prva dva ciklusa ispitivanja, u periodu od 8. do 21. dana, količina MAL se povećavala, tako da je 21. dana iznosila $0,39 \pm 0,01$ mg/kg (1. ciklus) i $0,14 \pm 0,01$ mg/kg (2. ciklus). U trećem ciklusu, 15. dana, utvrđen je porast sadržaja MAL, $0,15 \pm 0,01$ mg/kg, dok je 21. dana sadržaj MAL pao i iznosio je $0,09 \pm 0,01$ mg/kg. Prema rezultatima studije Wong i dr. (1995), užeglost se može detektovati kada sadržaj malondialdehida dostigne količinu od 3 mg/kg. U svim ispitanim uzorcima mesa utvrđene MAL vrednosti TBK-testom su bile daleko ispod ove kritične vrednosti (max. $0,39 \pm 0,01$ mg MAL/kg). Prema

rezultatima studije Zhao i dr., 1994, lipidna oksidacija se pojavljuje kasnije i sporije napreduje u poređenju sa uočljivijim mikrobiološkim promenama i diskoloracijom tokom skladištenja mesa koje je bilo pakovano u aerobnim uslovima.

Smatra se da je za slab intenzitet oksidacionih procesa odgovorna ishrana goveda od kojih meso potiče. Naime, veći sadržaj prirodnih antioksidanasa u ishrani, kao što je vitamin E na primer, dovodi do povećanja sadržaja vitamina E u mišićnom tkivu goveda i tako sprečava razvoj oksidacionih procesa u mesu (Yang i dr., 2002 i Gatellier i dr., 2005).

U nekoliko studija prikazana je dobra korelacija između izmerenih TBK vrednosti i senzorskih svojstava, kojom je potvrđena užeglost pilećeg (Salih i dr., 1987) i svinjskog mesa (Tutner i dr., 1954), ali, organoleptičke promene su ustanovljene samo u kuvanom, a ne i u salamurenom mesu. Melton (1985) je pokazao da se promena mirisa i ukusa može detektovati pri vrednosti TBK od 0,3 do 1,0 mg MAL/kg, u govedem i svinjskom mesu, i od 1,0 do 2,0 mg MAL/kg, u pilećem mesu. Međutim, ove vrednosti za TBK se ne mogu smatrati „referentnim“, jer zavise od ishrane, starosti životinja, kao

od izlaganja/neizlaganja termičkoj obradi. Često se u ohlađenom mesu registruje organoleptički intenzivnija užeglost nego što pokazuju vrednosti za peroksidni i TBK broj, i te razlike između senzorskih zapažanja i hemijskih pokazatelja su verovatno, posledica smanjene mogućnosti ekstrakcije fosfolipida iz ohlađenog mesa i mogućeg gubitka malondi-aldehida u reakcijama sa sastojcima mesa pri niskim temperaturama (Butkus, 1967).

Količine TVB-N su 1. dana ispitivanja u drugom i trećem ciklusu bile slične ($30,23 \pm 0,37$ mg/100g i $30,14 \pm 0,28$ mg/100g, respektivno), dok je 1. dana ispitivanja u prvom ciklusu utvrđen veći sadržaj ukupnog isparljivog azota ($33,54 \pm 0,21$ mg/100g), (tabela 3). Na osnovu prikazanih rezultata može da se uoči drastičniji porast sadržaja TVB-N sa produženjem vremena skladištenja, što je u skladu sa navodima Sunki i dr., 1978. Tako su poslednjeg, 21. dana ispitivanja,

Tabela 4. Vrednosti Pearsovog koeficijenta korelacije (r) između ispitanih senzornih svojstava i hemijskih i fizičko-hemijskih parametara

Table 4. Values for Pearsons correlation coefficient between the examined sensory properties and chemical and physico-chemical parameters

Redni broj ciklusa/ Cycle number	Osobine/ Traits	JUNEĆA RUŽA – U VAKUUM PAKOVANJU/BEEF THICK FLANK – VACUUM PACKAGING								
		Izgled mesa/ Appearance of meat	Boja mesa po površini/ Color of the meat-surface	Boja mesa na preseku/ Color of the meat intersection	Struktura/ Structure	Tekstura/ Texture	Miris svežeg mesa/ Smell of fresh meat	Miris posle probe kuvanja/ Smell of meat after cooking test	Ukus posle probe kuvanja/ Taste of meat after cooking test	Ukus posle probe pečenja/ The taste of meat after roasting test
I Ciklus/ Cycle I	TVB-N	-0,735	-0,814	-0,685	-0,823	-0,713	-0,780	-0,754	-0,812	-0,837
	Kiselinski broj/acid value	-0,816	-0,820	-0,768	-0,698	-0,739	-0,692	-0,743	-0,767	-0,747
	TBK test/TBA value	-0,814	-0,915	-0,817	-0,841	-0,814	-0,836	-0,814	-0,937	-0,919
	a _w	-0,786	-0,843	-0,800	-0,778	-0,756	-0,761	-0,754	-0,872	-0,841
II Ciklus/ Cycle II	TVB-N	-0,943	-0,936	-0,917	-0,881	-0,871	-0,934	-0,910	-0,943	-0,932
	Kiselinski broj/acid value	-0,970	-0,936	-0,949	-0,841	-0,884	-0,880	-0,886	-0,941	-0,882
	TBK test/TBA value	-0,761	-0,761	-0,798	-0,546	-0,677	-0,611*	-0,595	-0,733	-0,611
	a _w	-0,692	-0,699	-0,693	-0,577	-0,657	-0,679	-0,633	-0,686	-0,690
III Ciklus/ Cycle III	TVB-N	-0,452**	-0,469**	-0,557*	-0,543*	-0,456*	-0,476*	-0,465**	-0,448**	-0,513*
	Kiselinski broj/acid value	-0,817	-0,749	-0,803	-0,830	-0,801	-0,834	-0,721	-0,747	-0,789
	TBK test/TBA value	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	a _w	-0,627	-0,619	-0,676	-0,658	-0,628	-0,600*	-0,606*	-0,595*	-0,623

Legenda/Legend : Ukupno isparljivi azot/TVB-N (total volatile basic nitrogen); Test tiobarbiturne kiseline/TBA (thiobarbituric acid number); a_w– aktivnost vode/(water activity value);

Napomena: Prikazane vrednosti za koeficijente korelacije su na nivou značajnosti p<0,001;

Footnote: Presented correlation coefficients are given at the level of significance p<0.001;

p<0,001; * p<0,01; ** p<0,05;/nisu utvrđene statistički značajne korelacije/correlations were not registered.

količine TVB-N u sva tri ciklusa bile značajno veće u odnosu na vrednosti utvrđene na početku ispitivanja i iznosile su $45,19 \pm 0,26$ mg/100g (prvi ciklus), $34,04 \pm 0,20$ mg/100g (drugi ciklus) i $35,04 \pm 0,48$ mg/100g (treći ciklus). Takođe, *Balamatsia i dr.* (2006), su u studiji u kojoj je praćena održivost neupakovanog pilećeg mesa (kontrolna grupa), pakovanog u vakuum i u MAP, utvrdili porast TVB-N tokom skladištenja, od početne količine od oko 20 mg/100g do 54,5 mg/100g u neupakovanom mesu, 45,8 mg/100 g u vakuumu i 43,12 mg/100 g u MAP upakovanom mesu (15. dan održivosti). Dobijeni rezultati su najverovatnije u vezi sa povećanim stepenom degradacije proteina u završnoj fazi ispitivanja mesa. Količina TVB-N može poslužiti kao indikator svežine i održivosti mesa (*Byun i dr.*, 2003). Naime, količine TVB-N od 20 i 30 mg/100g za svinjsko i goveđe meso, respektivno, se smatraju graničnim prihvatljivim vrednostima za procenu svežine mesa (*Connell*, 1990). Međutim, u pomenutoj studiji je prikazano da meso (svinjsko ili goveđe) koje je čuvano na adekvatan način i sa sadržajem ukupnog isparljivog azota bliskim gore navedenim graničnim vrednostima ne mora se nužno smatrati pokvarenim odnosno neupotrebljivim.

U tabeli 4 prikazani su koeficijenti korelacije između ispitanih hemijskih, fizičko-hemijskih i senzorskih parametara. U prva dva ciklusa ispitivanja, u većini slučajeva, utvrđena je umerena do jaka negativna korelacija ispitanih hemijskih parametara i senzorske ocene junećeg mesa, dok je u III ciklusu uočena slaba negativna korelacija.

Koeficijenti korelacije za TVB-N vrednosti u I i II ciklusu ispitivanja su bili od $-0,685$ do $-0,943$, a povezanosti su kategorisane kao izrazito negativno korelisane (koeficijenti korelacije između $-0,750$ i $-1,000$). U III ciklusu ove korelacije su bile u intervalu $-0,448$ do $-0,543$ i klasifikovane kao negativno slabo povezane (koeficijenti korelacije između $-0,250$ i $-0,500$). Može se pretpostaviti da je porast sadržaja TVB-N, koji nastaje kao posledica mikrobiološke aktivnosti i povećane degradacije proteina, u vezi sa promenjenim izgledom mesa, bojom mesa po površini i bojom mesa na preseku, kao i mirisom i ukusom posle probe kuvanja.

U pogledu vrednosti kiselinskog broja i jačine njegove veze sa ispitanim senzorskim svojstvima junećeg mesa, uočava se najjača povezanost u II ciklusu ispitivanja. Naime, u II ciklusu uočava se vrlo jaka negativna korelacija između vrednosti kiselinskog broja i izgleda mesa, boje mesa na površini i

preseku (tabela 4), u odnosu na I i III ciklus ispitivanja. Pretpostavka je da su početne hidrolitičke promene u lipidima u mesu upakovanom u vakuumu, uslovile slabiju ocenu, pre svega, izgleda mesa, boje na površini i preseku mesa. Iako su utvrđene TBK vrednosti bile daleko manje od 3 mg/kg (vrednost pri kojoj se detektuje užeglost), u I ciklusu se uočava vrlo jaka negativna korelacija između vrednosti ovog parametra i senzorskih svojstava, a naročito u odnosu na senzorsku ocenu ukusa posle probe kuvanja ($r = -0,937$) i posle probe pečenja ($r = -0,919$). U II ciklusu, ove korelacije su bile $-0,733$ (ukus posle probe kuvanja) i $-0,611$ (ukus posle probe pečenja). U III ciklusu nije utvrđena statistički značajna korelacija između TBK vrednosti i rezultata senzorskih ispitivanja. U pogledu a_w vrednosti i njene korelacije sa ispitanim senzorskim svojstvima junećeg mesa, u II i III ciklusu uočava se prilično ujednačena negativna, umerena povezanost (koeficijenti korelacije između $-0,500$ i $-0,750$), dok je u ciklusu ova korelacija klasifikovana kao vrlo jaka negativna.

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja sveže ohlađene juneće ruže ustanovljeno je da je vakuum pakovanje imalo pozitivan uticaj na usporavanje senzorskih i hemijskih promena i očuvanje poželjnih svojstava. Upakovana juneća ruža u vakuumu je sa aspekta senzorskih osobina i hemijskih promena pri datim uslovima skladištenja i u ambalaži korišćenju za pakovanje, bila prihvatljiva zaključno sa 21. danom ispitivanja, u sva tri ciklusa. Konzistentnosti rezultata senzorskih ispitivanja i rezultata hemijskih i fizičko-hemijskih ispitivanja, u sva tri ciklusa, značajno je doprineo ujednačeni inicijalni kvalitet junećeg mesa. Na osnovu vrednosti Pirsonovog koeficijenta korelacije I, u I i II ciklusu ispitivanja, u većini slučajeva, utvrđena je umerena do jaka negativna korelacija ispitanih hemijskih parametara i senzorske ocene junećeg mesa, dok je u III ciklusu uočena slaba negativna korelacija. Može se zaključiti da, u uslovima dobre proizvođačke prakse, koja polazi od zdravstvenog stanja i dobrobiti životinja za klanje, preko poštovanja svih procedura na liniji klanja, rasecanja i pakovanja, kao i hladnog lanca i procesne higijene, vakuum pakovanje svežeg, ohlađenog junećeg mesa daje veoma dobre rezultate u pogledu produženja održivosti i očuvanja prihvatljivih senzorskih karakteristika mesa.

Literatura

- Balamatsia C. C., Rogga K., Badeka A., Kontominas M. G., Savvaidis I. N., 2006.** Effect of Low-Dose Radiation on Microbiological, Chemical, and Sensory Characteristics of Chicken Meat Stored Aerobically at 4°C. *Journal of Food Protection*, 69, 5, 1126–1133.
- Baltić T., Borović B., Spirić D., Parunović N., Karan D., Mitrović R., Radičević T., 2012.** Uticaj vakuum pakovanja na mikrobiološki status i senzorska svojstva svežeg junećeg mesa. *Tehnologija mesa*, 53, 2, 103–111.
- Bastić Lj., Kočovski T., Starčević G., 1997.** Oksidacija lipida I njihov značaj. *Tehnologija mesa*, 38, 2–3, 59–62.
- Belcher J. N., 2006.** Industrial packaging developments for the global meat market. *Meat Science*, 74, 143–148.
- Berkel B. M., Boogaard B. V., Heijnen C., 2004.** Preservation of fish and meat. Agromisa Foundation, Wageningen, The Netherlands, 8, 78–80.
- Biesalski H. K., 2005.** Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*, 70, 3, 509–524.
- Brody A. L., 1997.** Packaging of food. In A. L. Brody & K. S. Marsh (Eds.), *The Wiley encyclopedia of packaging* (2nd ed.), New York: Wiley, pp. 699–704.
- Butkus H. A., 1967.** The reaction of myosin with malonaldehyde. *Journal of Food Science*, 32, 432.
- Byun J. S., Min J. S., Kim I. S., Kim J. W., Chung M. S., Lee, M., 2003.** Comparison of indicators of microbial quality of meat during aerobic cold storage. *Journal of Food Protection*, 66, 1733–1737.
- Canganella F., Meloni R., Tonnini D., Mencarelli F., Trovatielli, L. D., 1993.** Effect of vacuum and modified gas atmospheres packaging on the shelf-life of beef steaks. *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, 11, 433–441.
- Cannarsi, M., Baiano, A., Marino, R., Sinigaglia, M., Del Nobile, M. A., 2005.** Use of biodegradable films for fresh cut beef steaks packaging. *Meat Science*, 70, 259–265.
- Cassens R. G., 1994.** Meat Preservation, Preventing Losses and Assuring Safety. 1st Edn., Food and Nutrition Press, Inc. Trumbull, Connecticut, USA, 79–92.
- Connell, J. J., 1990.** Methods of assessing and selecting for quality. In: J. J. Connell (Ed.), *Control of fish quality*, 3rd ed., Oxford: Fishing News Books. pp. 122–150.
- Dransfield E., Etherington D. J., Taylor M. A. J., 1992.** Modelling post-mortem tenderization – Enzyme changes during storage of electrically and non-stimulated beef. *Meat Science*, 31, 75–84.
- Enser M., 2001.** Muscle lipids and meat quality. <http://www.bsas.org.uk/downloads/annlproc/Pdf2001/243.pdf>.
- Fernandez J., Perez-Alvarez J. A., Fernandez-Lopez J. A., 1997.** Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, 59, 345–353.
- Gatellier P., Mercier Y., Juin H., Rennere M., 2005.** Effect of finishing mode (pasture or mixed diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Science*, 69, 1, 175–186.
- Gill C.O., 1996.** Extending the storage life of raw chilled meats. *Meat Science* 43, 99–109.
- Glitsch K., 2000.** Consumer perceptions of fresh meat quality: cross national comparison. *British Food Journal*, 102, 177–194.
- Gray J. I., 1978.** Measurement of lipid oxidation. A Review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 55, 529.
- Grobbel J. P., Dikeman M. E., Hunt M. C., Milliken G. A., 2008.** Effects of packaging atmospheres on beef instrumental tenderness, fresh colour stability and internal cooked colour. *Journal of Animal Science*, 86, 1191–1199.
- Holland C. D., 1971.** Determination of malonaldehyde as an index of rancidity of nut meats. *Journal of AOAC*, 54, 5, 1024–1026.
- Insausti K., Beriain M. J., Purroy A., Alberti P., Lizaso L., Hernandez B., 1999.** Color stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Science* 53, 241–249.
- ISO 21807, 2004 (E).** Microbiology of food and animal feeding stuffs – Determination of water activity.
- Khaksar R., Moslemy M., Hosseini H., Taslimi A., Ramezani A., Amiri Z., Sabzevari A., 2010.** Comparison of lipid changes in chicken frankfurters made by soybean and canola oils during storage. *Iranian Journal of Veterinary Research*, Shiraz University, 11, 2, 31, 154–163.
- Kotula K. L., Kotula A. W., 2000.** Microbial ecology of different types of food – fresh red meats. In B. M. Lund, T. C. Baird Parker, & G. W. Gould (Eds.), *The microbiological safety and quality of food*, Gaithersburg, M. D., Aspen Publisher Inc., 359–388.
- Lagerstedt A., Lundström K., Lindahl G., 2011.** Influence of vacuum or high-oxygen modified atmosphere packaging on quality of beef *M. longissimus dorsi* steaks after different ageing times. *Meat Science*, 87, 101–106.
- Liu Q., Lanari M. C., Schaefer D. M., 1995.** A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *Journal of Animal Science*, 73, 3131–3140.
- Melton S. L., 1985.** Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Technology*, 37, 105–111.
- Naz S., Siddiqi R., Sheikh H., Sayeed S. A., 2005.** Deterioration of olive, corn and soybean oils due to air, light, heat and deep frying. *Food Research International*, 38, 127–134.
- Neumeyer K. T., Ross T., Thomson G., McMeekin T. A., 1997.** Validation of a model describing the effect of temperature and water activity on the growth of psychrotrophic pseudomonads. *International Journal of Food Microbiology*, 38, 55–63.
- Nychas G. J. E., Skandamis P. N., Tassou C. C., Koutsoumanis K. P., 2008.** Meat spoilage during distribution. *Meat Science*, 78, 77–89.
- Official Journal of the European Union, 2005.** Commission Regulation (EC) No 2074/2005. Determination of the concentration of TVB-N in fish and fishery products. Chapter III, L 338/37–338/39.
- Ostojić D., Bogdanović V., Petrović M. M., Aleksić S., Mišćević B., Pantelić V., 2006.** Kriterijumi potrošača pri izboru goveđeg mesa u maloprodaji. *Biotechnology in Animal Husbandry* 22, 3–4, 45–54.
- Parunović N., Andrić J., Baltić M., 2001.** Ispitivanje prihvatljivosti hamburške slanine mladih nerastova. *Tehnologija mesa*, 42, 1–2, 13–23.
- Radetić P., Milijašević M., Jovanović J., Velebit B., 2007.** Modified atmosphere packaging for fresh meat – trend that lasts! *Tehnologija mesa*, 48, 1–2, 99–108.

- Renner M., Labas R., 1987.** Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. *Meat Science*, 19, 151–165.
- Robertson G., 2006.** *Food Packaging: Principles and Practice*. CRC Press, Taylor and Francis, New Zealand.
- Ruiz-Capillas C., Jimenez-Colmenero F., 2004.** Biogenic amines in meat and in meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 489–499.
- Russell S. M., Fletcher D. L., Cox N. A., 1996.** Spoilage bacteria of fresh broiler chicken carcasses. *Poultry Science*, 75, 2041–2047.
- Salih A. M., Smith D. M., Price J. F., Dawson L. E., 1987.** Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. *Poultry Science*, 66, 1483–1488.
- Simitzis P. E., Deligeorgis S. G., 2010.** Lipid oxidation of meat and use of essential oils as antioxidants in meat products. http://scitopics.com/Lipid_Oxidation_of_Meat_and_Use_of_Essential_Oils_as_Antioxidants_in_eat_Products.html.
- Skibsted L. H., Mikkelsen A., Bertelsen G., 1998.** Lipid derived off-flavors in meat. In F. Shahidi, *Flavour of meat, meat products and seafood* (2nd ed), London: Blackie Academic & Professional, 10, 217–248.
- Skog K., 1993.** Cooking procedures and food mutagens: a literature review. *Food and Chemical Toxicology*, 31, 655–75.
- Smith D., Stratton J. E., 2006.** Understanding GMPs for sauces and dressing food processing for entrepreneurs series. <http://elkhorn.unl.edu/epublic/live/g1599/build/g1599.pdf>.
- Sørheim O., Wahlgren M., Narum B., Lea P., 2004.** Effects of high oxygen packaging on tenderness and quality characteristics of beef longissimus muscles. In: *Proceedings of the 50 International Congress of Meat Science and Technology*, 8–13 August 2004, Helsinki, Finland, CD 6.31, 4.
- SRPS EN ISO 3960, 2011.** Ulja i masti biljnog i životinjskog porekla – Određivanje peroksidnog broja – Jodometrijsko (vizuelno) određivanje završne tačke.
- SRPS EN ISO 660, 2011.** Ulja i masti biljnog i životinjskog porekla – Određivanje kiselinskog broja i kiselosti.
- SRPS ISO 2917, 2004.** Meso i proizvodi od mesa – Merenje pH (referentna metoda).
- SRPS ISO 3972, 2001.** Metoda utvrđivanja osećaja ukusa, Senzorske analize.
- SRPS ISO 5496, 2001.** Iniciranje i obuka ocenjivača u otkrivanju i prepoznavanju mirisa, Senzorske analize.
- SRPS ISO 6658, 2001.** Kvantitativni deskriptivni test, Senzorske analize, Metodologija, Opšte uputstvo.
- Stiles M. E., 1991.** Modified atmosphere packaging of meat, poultry and their products. In: *Modified Atmosphere Packaging of Food*, Ooraikul, B. and Stiles, M.E., ed. Ellis Horwood Ltd., New York, pp. 118–147.
- Sunki G. R., Annapureddy R., Rao D. R., 1978.** Microbial, biochemical and organoleptic changes in ground rabbit meat stored at 5 to 7 °C. *Journal of Animal Science*, 46, 3, 584–588.
- Šakota T., Lazić V., Gvozdenović J., 2002.** Uticaj karakteristika ambalažnih materijala na održivost viršli. *Tehnologija mesa*, 43, 1–2, 47–51
- Tarladgis B. C., Pearson A. M., Dugan L. R., 1964.** Chemistry of the 2-thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods. II Formation of the TBA malonaldehyde complex without acid heat treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 15, 9, 602–607.
- Tørngren M. A., 2003.** Effect of packing method on color and eating quality of beef loin steaks. In: *Proceedings of the 49th International Congress of Meat Science and Technology*, 31 August – 5 September 2003, Campinas, Brazil, 495–496.
- Troy D.J., Kerry J.P., 2010.** Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Science*, 86, 214–226.
- Tsigarida E., Skandamis P. N., Nychas G. J. E., 2000.** Behaviour of *Listeria monocytogenes* and autochthonous flora on meat stored under aerobic, vacuum and modified atmosphere packaging conditions with or without the presence of oregano essential oil at 5°C. *Journal of Applied Microbiology*, 89, 6, 901–909.
- Tutner E. W., Paynter W. D., Montie E.J., Bessert M. W., Struck G. M., Olson F. C., 1954.** Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Technology*, 8, 326–330.
- Wong J. W., Hashimoto K., Shibamoto T., 1995.** Antioxidant activities of rosemary and sage extracts and vitamin E in a model meat system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 10, 2707–2712.
- Xie W., J.J., Wang H., 2007.** Impact of surfactant type, pH and oxidants on the oxidation of methyl linoleate in micellar solutions. *Food Research International*, 40, 1270–1275.
- Yang A., Lanari M. C., Brewster M., Tume R. K., 2002.** Lipid stability and meat color of beef from pasture and grain fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science*, 60, 1, 41–50.
- Zarzycky B., Swiniarska J., 1993.** Whey as cryoprotective substance in storage of frozen ground cooked pork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 12, 2, 105–113.
- Zhao Y., Wells J. H., McMillin, K. W., 1994.** Applications of dynamic modified atmosphere packaging system for fresh red meats. *Journal of Muscle Foods*, 5, 199–328.
- Zhou P G.H., Xu X.L., Liu Y., 2010.** Preservation technologies for fresh meat. A review *Meat Science*, 86, 119–128.

Comparison of results of sensory and chemical and physico-chemical investigations of fresh chilled beef packaged in vacuum during storage in retail conditions

Lukić Mirjana, Vranić Danijela, Turubatović Lazar, Petrović Zoran, Milićević Dragan, Karan Dragica, Milijašević Milan

S u m m a r y: Vacuum packaging of fresh meat can contribute to prolonged shelf-life, slower chemical changes in meat, and maintaining of desirable sensoric properties. The main goal of this work was the comparative examination of sensory and chemical properties relevant for oxidative and hydrolytic changes of cooled fresh beef cuts (*m. quadriceps femoris*) in vacuum packaging, and the determination of interdependence of hydrolytical and oxidative changes regarding to sensory characteristics. The beef flank cuts taken from primal cuts (quarters) of 3 Simmental steers (average weight of 400 kg; one steer per testing cycle) after slaughtering, dressing and cooling were taken for the experiment. Cutting and packaging in vacuum thermo-shrinkable multilayered bags was performed in the industrial meat establishment, within 40 hours after slaughtering. The vacuum packaged beef cut samples were stored under controlled temperature conditions (0-2°C) in refrigerated retail show case. During the night, samples were removed from show case and stored in cold storage room in the same establishment (0-4°C). This method was repeated as daily routine during examination period. Sensory and chemical examination dynamics was set as: day 1 (immediately after packaging), days 15, 21 and 28 in each particular testing cycle (3). Sensory properties were evaluated by using quantitative-descriptive test, on a scale of 1 to 5. The following properties were evaluated: appearance of meat, the colour of meat surface, the colour of meat intersection, structure, texture, smell of the fresh meat, smell of the meat after cooking, taste of the meat after cooking and roasting.

The examined chemical properties indicating oxidative and hydrolytic changes were: acid value, peroxide number, TBA test (test with thiobarbituric acid to determinate malonaldehyde content), TVB-N (total volatile basic nitrogen), a_w (water activity value) and pH. Sensory and chemical qualities of vacuum packaged beef flank under established storage conditions were acceptable in all three testing cycles, ending with the 21st day. In the first and second cycle, in most cases, there were confirmed medium to strong correlations of all examined chemical parameters with the sensoric characteristics of beef. In the third cycle, the registered above mentioned correlations between chemical parameters and sensory properties were classified as negative weak correlations.

Key words: fresh beef, vacuum packaging, sensory properties, chemical changes.

Rad primljen: 9.09.2013.

Rad prihvaćen: 13.09.2013.