

Uticaj vakuum pakovanja na hemijske promene u ohlađenom goveđem mesu

Vranić Danijela¹, Milijašević Milan¹, Petrović Zoran¹, Đinović-Stojanović Jasna¹, Jovanović Jelena¹, Lilić Slobodan¹, Petronijević Radivoj¹

S a d r Ź a j: Cilj ovih ispitivanja bio je da se ustanove razlike između hemijskih parametara održivosti neupakovane juneće rozbratne i juneće rozbratne upakovane u vakuum. Za eksperiment je korišćena juneća rozbratna koja je poticala od 3 juneta rase simentalac prosečne mase 400 kg, koja su zaklana u industrijskoj klanici. Dinamika ispitivanja uzoraka je bila: 1. dana (nakon pakovanja), 7, 14, 21. i 28. dana. Tokom skladištenja, u upakovanom i neupakovanom goveđem mesu ispitani su hemijski parametri koji bi ukazali na hidrolitičke i oksidativne promene. Ispitana je a_w vrednost, pH, kiselinski broj, TBK (Tiobarbituric acid) i TVB-N (Total volatile basic nitrogen) vrednost. Najviše a_w vrednosti izmerene su 21. dana ispitivanja, u uzorcima upakovane rozbratne iz 1. i 3. ciklusa, dok je najniža a_w vrednost zabeležena 21. dana u upakovanoj rozbratni iz 2. ciklusa ispitivanja. Kod svih ispitivanih uzoraka došlo je do pada pH vrednosti tokom prvih 7 dana, nakon čega se pH vrednost povećavala i 14. dana je bila slična i u upakovanim i neupakovanim uzorcima mesa. Kiselinski broj, tokom perioda ispitivanja, pokazuje permanentni i brži porast u neupakovanom mesu u odnosu na sporiji rast, koji je utvrđen u upakovanom mesu. U vakuum pakovanoj goveđoj rozbratni, u sva tri ciklusa, 1. dana ispitivanja nije utvrđeno prisustvo sekundarnih proizvoda oksidacije na osnovu sadržaja malondialdehida (MAL). U prva dva ciklusa ispitivanja, u periodu od 7. do 21. dana, količina MAL se povećavala. U trećem ciklusu, 7. i 14. dana utvrđen je značajniji porast sadržaja MAL, dok je 21. i 28. dana njegov sadržaj značajnije pao. Količina TVB-N je 1. dana ispitivanja, u sva tri ciklusa u ispitanim uzorcima upakovane i neupakovane goveđe rozbratne bila slična, a 14. dana ispitivanja, sadržaj TVB-N je u neupakovanoj rozbratni bio veći u poređenju sa rozbratnom u vakuum pakovanju, što ukazuje na bržu razgradnju proteina u neupakovanom u odnosu na upakovano meso.

Maože da se konstatuje da je, kada se u obzir uzmu rezultati svih hemijskih parametara, iz sva tri ciklusa ispitivanja, utvrđeno vreme održivosti za goveđu rozbratnu koja nije upakovana bilo 14 dana, a za rozbratnu upakovanu u vakuum 21 dan.

Ključne reči: rozbratna, vakuum pakovanje, a_w , pH, kiselinski broj, ukupan isparljivi azot, TBK.

Uvod

Meso je, u nutritivnom smislu, visoko vredna namirnica jer sadrži značajne količine proteina, minerala, esencijalnih elemenata, kao i vitamine, naročito vitamine B grupe. Pored nutritivne vrednosti, kvalitetu mesa doprinose i organoleptička svojstva, kao što su nežnost, boja i aroma, odnosno ukus i miris. Meso je namirnica koja predstavlja glavni izvor proteina za većinu svetske populacije (Heinz i Huttinger, 2007). „Visoko kvalitetno meso“ se može definisati kao meso koje zadovoljava potrebe i zahteve potrošača sa aspekta organoleptičkog, nutritivnog i higijenskog kvaliteta (Berges, 1999). Međutim, meso je pogodno za rast različitih vrsta mikroorganizama i podložno je kvaru, ali meso je

podložno i hemijskom kvaru koji nastaje usled hemijskih reakcija i enzimske aktivnosti. Razgradnja masti, proteina i ugljenih hidrata u mesu dovodi do razvoja neprijatnih mirisa i ukusa kao i do formiranja sluzi na površini, što čini meso neprihvatljivim za ljudsku ishranu. Zbog toga je neophodno kontrolisati proces kvara mesa i produžiti njegovu održivost, čime bi se sačuvala njegova nutritivna vrednost, tekstura i aroma.

Manipulacija životinjama pre klanja i trupovima zaklanih životinja igra glavnu ulogu u dinamici složenih procesa koji kao krajnji rezultat imaju totalnu razgradnju osnovnih sastojaka i gubitak parametara kvaliteta mesa. Sadržaj glikogena u mišićima se smanjuje kada je životinja izložena stresu pre samog klanja. To dovodi do promene pH mesa, ka višim ili

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, Kaćanskog 13, 11000, Beograd, Republika Srbija.

nižim vrednostima, u zavisnosti od količine stvorene mlečne kiseline u mišićima (Miller, 2002). Više pH vrednosti (6,4–6,8) dovode do nastanka tamnog, čvrstog i suvog mesa (Dark, Firm and Dry – DFD) i ovakvo meso ima znatno kraću održivost (Chambers i Grandin, 2001).

Autooksidacija masti i stvaranje slobodnih radikala su prirodni procesi koji su svpojestveni za masne kiseline i vode ka oksidativnom kvaru mesa i razvoju neprijatnog mirisa i ukusa (Simitzis i Deli-georgis, 2010). Posle klanja životinje, masne kiseline u tkivima podležu oksidaciji, jer tada dolazi do prekida cirkulacije krvi i nastaje blokada metaboličkih puteva (Linares i dr., 2007). Oksidacija masti u tkivima je rezultat reakcije kiseonika sa dvostrukim vezama prisutnih u masnim kiselinama. Ovaj proces zavisi od nekoliko faktora: masnokiselinskog sastava masti, količine prisutnog vitamina E (α tokoferol) kao antioksidansa i sadržaja nekih elemenata koji imaju prooksidativno dejstvo, kao što je slobodno gvožđe. Hidroperoksidi u tkivima nastaju usled oksidacije visoko nezasićenih masnih kiselina iz fosfolipida ćelijskih membrana, koje su podložne daljoj oksidaciji i razgradnji (Enser, 2001). Razgradnja fosfolipida dovodi do nakupljanja sekundarnih produkata kao što su pentanal, hexanal, 4-hidroksinonenal i malondialdehid, kao i aldehida i ketona (Fernandez i dr., 1997). Ovi sekundarni proizvodi mogu dovesti do gubitka boje i nutritivne vrednosti usled reakcija sa mastima, proteinima, ugljenim hidratima i vitaminima i direktno su povezani sa nastajanjem karcinogenih i mutagenih procesa (Liu i dr., 1995).

Hidroliza masti u mesu može da bude katalizovana enzimima, ili da se odigrava bez njihovog uticaja. Enzimaska hidroliza masti se naziva lipoliza i katalizovana je enzimima kao što su lipaze, estaze i fosfolipaze. Ovi enzimi mogu biti, ili endogenog porekla iz same namirnice ili mogu biti proizvod psihrotrofnih mikroorganizama (Ghaly i dr., 2010). Lipaze, tokom lipolize, razgrađuju gliceride do slobodnih masnih kiselina, koje su odgovorne za nastanak neprijatnog mirisa i ukusa i indikator su nastanka užeglosti. Hidroliza masti koja nije katalizovana enzimima je izazvana hem proteinima kao što su hemoglobin, mioglobin i citohrom, koji su podložni oksidaciji i stvaranju hidroperoksida. Oni su glavni inicijator peroksidacije masti u svežem mesu i imaju značajan uticaj na oksidaciju oksimioglobina (Cascone, 2005).

U autolitičkim procesima koji su katalizovani sopstvenim enzimima, složena jedinjenja iz mišića (ugljeni hidrati, masti i proteini) se razlažu na jednostavna jedinjenja i, na taj način, dovode do omekšavanja mesa i njegove diskoloracije. Postmortalna razgradnja polipeptida je rezultat aktivnosti tkivne

proteaze i uzrok je promena ukusa, mirisa i teksture mesa (Toldra i Flores, 2000). Proteolitički enzimima su aktivni i na niskim temperaturama (5°C), što dovodi do smanjenja kvaliteta mesa usled rasta mikroorganizama i stvaranja biogenih amina (Kuwahara i Osako, 2003). 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 Swiniarska, 1993). Međutim u uslovima hlađenja, inhibiran je, ili potpuno zaustavljen, rast bakterija, ali ne i 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).

Jedan od vidova očuvanja inicijalnog kvaliteta svežeg mesa je njegovo pakovanje, koje je danas najdinamičnije područje tehnologije mesa. Glavni podsticaj za pakovanje svežeg mesa dolazi od strane supermarketa, posebno lanaca maloprodajne mreže mesa. Pakovanje svežeg mesa u obliku mikro- i makrokonfekcioniranih delova trupa i njegova distribucija ka mestu prodaje razvili su se zajedno sa centralizacijom rasecanja i iskoštavanja trupova, u specijalnim halama za iskoštavanje (Radetić i dr., 2007). Kada je u pitanju pakovanje svežeg mesa, pored mikrobiološke slike, najbitniji aspekt koji određuje njegovu održivost je boja. Gubitak boje narezaka goveđeg mesa u vitrinama za prodaju nastaje kombinovanim delovanjem kiseonika, mikroorganizama na površini mesa, temperature i vrste osvetljenja (Radetić i dr., 2007). Savell i dr. (1981) navode da, iako se postiže duža održivost mesa pakovanog u vakuum, problem može predstavljati značajnija promena boje, u odnosu na ružičastu, koju potrošač očekuje. Faktori koji utiču na održivost svežeg upakovanog mesa su vrsta pakovanja (vakuum ili pakovanje u modifikovanu atmosferu), odnos zapremine mesa i smeše gasova u pakovanju, inicijalna bakterijska kontaminacija proizvoda, uslovi skladištenja i transporta. Osnovna svrha izbora adekvatnog pakovanja svežeg mesa je da se zadrže poželjne osobine mesa tokom vremena koje ono provede u skladištu, transportu i maloprodaji. Kada se upakovano meso izloži visokoj koncentraciji kiseonika, rast aerobnih mikroorganizama je ubrzan kao i oksidacija lipida i mioglobina. Zbog toga je korišćenje filma sa velikom barijernošću na prolaz kiseonika ultimativan zahtev i on je značajno komercijalizovan u industrijskim uslovima. (Kotzekidou i Bloukas, 1996; Newton i Rigg, 1979). Dobri rezultati u pogledu parametara kvaliteta junećeg mese mogu biti dostignuti potpunom

kontrolom tri glavna procesna faktora – proizvodne higijene, pH mesa i temperature, kao i pravilnom primenom procedure za vakuum termoskupljajuće pakovanje i poznavanjem karakteristika mesa.

Cilj ovih ispitivanja bio je da se ustanove razlike između hemijskih parametara održivosti u uzorcima neupakovane juneće rozbratne i juneće rozbratne upakovane u vakuum i da se utvrdi održivost juneće rozbratne u realnim uslovima koji vladaju u maloprodajnim objektima.

Materijal i metode

Uparedna analiza upakovane i neupakovane juneće rozbratne je obavljena ispitivanjem hemijskih parametara kvaliteta nakon tri sprovedena testa održivosti (ciklusi ispitivanja) po sezonama (1. ciklus – proleće; 2. ciklus – leto; 3. ciklus – zima).

Dinamika ispitivanja je bila definisana na sledeći način:

- Sveža neupakovana rozbratna: 1. dan nakon rasecanja, 7. dana i 14. dana;
- Sveža upakovana rozbratna: 1. dan nakon rasecanja i pakovanja, 7. dan, 14. dan, 21. dan i 28. dan.

Svaki ciklus je obuhvatio ispitivanje hemijskih parametara u 36 upakovanih i 18 neupakovanih uzoraka rozbratne. U planiranim terminima, po daniima ispitivanja gledano od trenutka rasecanja, odnosno pakovanja u industrijskom pogonu, ispitivano je po 6 uzoraka (upakovano/neupakovano). Odresci su bili ujednačene debljine 2–3 cm, neto mase između 400–500 g.

Za eksperiment je korišćena juneća rozbratna, koja je poticala od tri juneta rase simentalac, prosečne mase 400 kg, koja su zaklana u industrijskoj klanici. Rasecanje mesa i pakovanje uzoraka je obavljeno u roku od 40 sati nakon klanja životinja. Uzorci su istog dana, popodne, transportovani vozilom sa termokingom do centralnog magacina, u plastičnim kasetama, a narednog dana ujutru do maloprodajnog objekta. Neupakovano meso je bilo transportovano u odvojenim plastičnim kasetama i bilo je zaštićeno streč folijom i transportovano kao u redovnom postupku pripreme za transport. Nakon prijema u maloprodajni objekat, uzorci su čuvani, pre izlaganja, kao i nakon završetka radnog vremena, u skladištu, na temperaturi koja je iznosila između 0–4°C. Uzorci upakovanog i neupakovanog mesa su, u toku dana, bili izlagani odvojeno u providnoj vitrini sa veštačkim osvetljenjem, u realnim uslovima maloprodajnog objekta, na temperaturi između 0–2°C.

Prilikom planiranja ispitivanja iskazana je potreba za produženje održivosti proizvoda na tržištu, te je, stoga, bilo potrebno da se koristi materijal za pakovanje sa veoma dobrim barijernim svojstvima za kiseonik. Za pakovanje juneće rozbratne korišćene su kese izrađene od biaksijalno orijentisanog višeslojnog filma, S TIP HB-X, dimenzija 200×300 mm, debljine 100 mikrona sa 7 slojeva WVTR (Water Vapour Transmission Rate – stepen propustljivosti vodene pare – 6 jedinica, određena prema ASTM E96-00; Oxygen Transmission Rate – stepen propustljivosti kiseonika – 8 jedinica, određena prema ASTM D-3985-95) i S TIP HB-LX debljine 50 mikrona, sa 9 slojeva (WVTR vrednost – 12 jedinica; OTR vrednost – 8 jedinica) dimenzija 200×300 mm, komponovane od poliamidnih i poliolefinskih slojeva, uključujući jedinstveni EVOH sloj u kompoziciji filma kojim je dodatno poboljšana barijernost za kiseonik, proizvodnje Spektar, Gornji Milanovac. Termoskupljajuće svojstvo filma postignuto je biaksijalnom orijentacijom, čime je, nakon termoskupljanja, obezbeđena bolja adhezija filma na površinu konfencioniranog mesa i fizičko sprečavanje migracije mesnog soka, a time je ostvaren fizički uticaj pakovanja na izdvajanje tečnosti u kesi. Za pakovanje je korišćen uređaj za vakuumiranje Webomatic, sa ručnim preklapanjem komore za evakuaciju vazduha. Parametri pakovanja su bili sledeći: kesa S TIP HB-X, 98% vakuum, varenje kese – program 2; kesa S TIP HB-LX, 98% vakuum, varenje – program 1,2; temperatura kupatila za potapanje 88°C; vreme potapanja 2 sekunde. Ovaj režim pakovanja je bio primenjen za obe vrste kesa.

Tokom skladištenja u uslovima maloprodaje, u upakovanom i neupakovanom goveđem mesu, ispitani su 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) prema standardnoj metodi ISO 21807:2004(E). TVB-N (total volatile basic nitrogen) je ispitan primenom metode koja je navedena u Official Journal of the European Union (2005).

Svaki parametar je određen u dva ponavljanja, a rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost \pm Sd.

Statistička analiza

Rezultati ispitivanja su statistički obrađeni u programu MiniTab 16. Nakon analize podataka, za poređenje značajnosti razlika između ispitanih hemijskih parametara po ciklusima ispitivanja, odabrana je one-way ANOVA. U cilju utvrđivanja statistički značajnih korelacionih povezanosti dobijenih rezultata izračunat je Pearsonov koeficijent (Ps). Statistički značajne razlike predstavljene su na nivou poverenja $p < 0,05$.

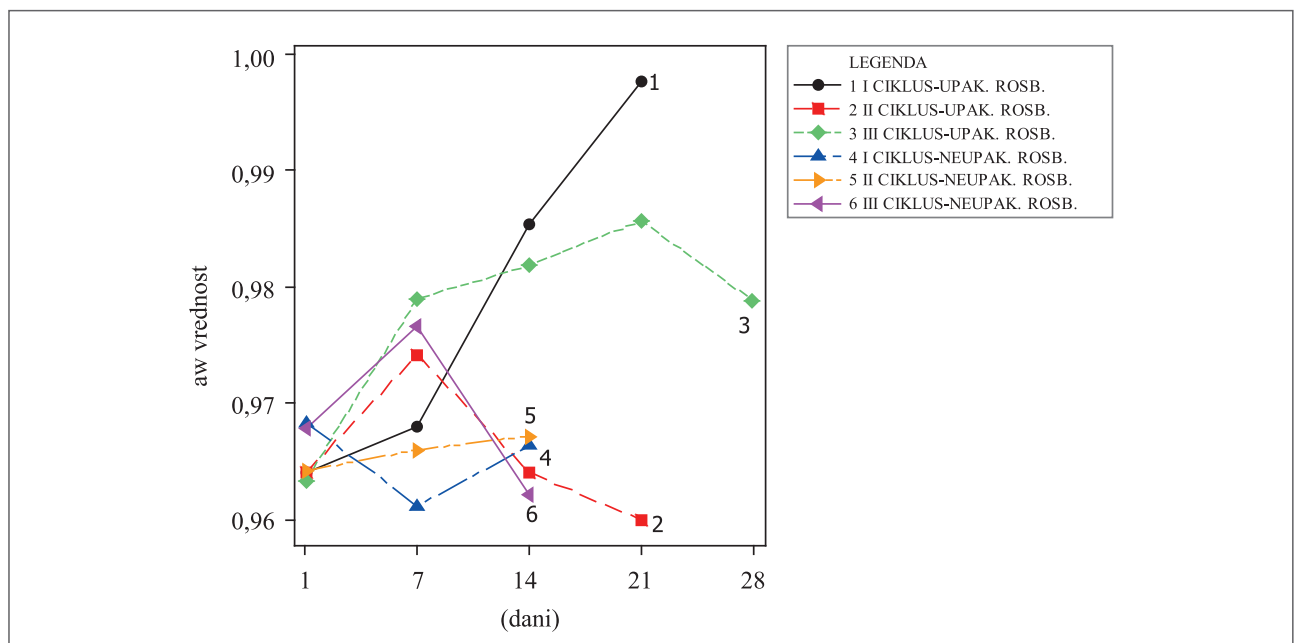
Rezultati i diskusija

Hemijska ispitivanja sveže juneće rozbratne upakovane u vakuumu rađena su zaključno sa danom kada je utvrđen organoleptički kvar mesa. Promene a_w vrednosti u ispitanim uzorcima upakovane i neupakovane juneće rozbratne su prikazani na grafikonu 1. Iz grafičkog prikaza se može videti da su najviše a_w vrednosti izmerene 14. dana ispitivanja, u uzorcima upakovane rozbratne iz 1. i 3. ciklusa, dok je najniža a_w vrednost zabeležena 21. dana u uzorcima upakovane juneće rozbratne iz 2. ciklusa ispitivanja.

Uglavnom, sveže meso ima a_w vrednost veću od 0,85 i zahteva hlađenje ili neki drugi način za kontrolu rasta patogena (Smith i Stratton, 2006). Generalno, a_w vrednosti 0,980 do 0,995 najviše pogoduju razvoju mikroorganizama.

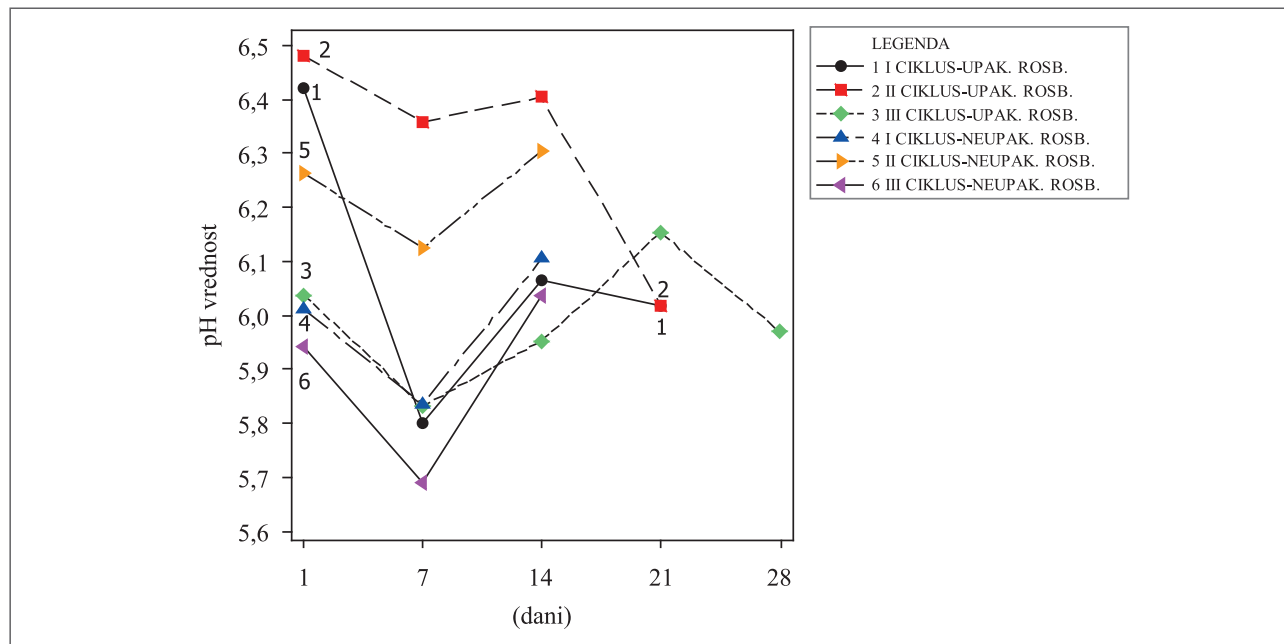
Na grafikonu 2 su prikazane promene pH vrednosti u uzorcima upakovane i neupakovane juneće rozbratne. pH vrednost 1. dana ispitivanja u uzorcima govedeg mesa koji nisu pakovani u vakuumu se kretala od 6,00 (1. ciklus) do 6,26 (2. ciklus), dok je u vakuum pakovanom govedem mesu bila veća i iznosila je od 6,04 (3. ciklus) do 6,42 (1. i 2. ciklus). Izmerene pH vrednosti su bile niže od 7,00, što je, verovatno, posledica postmortem promena (Azad i Akter, 2005). Kod svih ispitanih uzoraka došlo je do pada pH vrednosti tokom prvih 7 dana, nakon čega se pH vrednost povećavala i, 14. dana, bila je slična u upakovanim i neupakovanim uzorcima (upakovano meso – 6,07, 6,40 i 5,95, respektivno po ciklusima; neupakovano meso – 6,10, 6,30 i 6,04, respektivno po ciklusima). U narednih 7 dana došlo je do neznatnog smanjenja pH vrednosti, tako da je ona za upakovanu rozbratnu iznosila 6,02 (1. i 2. ciklus) i 6,15 (3. ciklus).

U studiji Russell i dr. (1996) utvrđeno je da je za rast bakterija kvara mesa najpogodnija 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 i obe grupe ispitanih uzoraka bile su u opsegu od 5,69 (min.) do 6,42 (max.). Prema Khaksar i dr. (2010), sadržaj hidroperoksida kao mera oksidativne razgradnje lipida značajnije raste pri pH 6,8 nego pri



Grafikon 1. Promene a_w vrednosti u uzorcima upakovanog i neupakovanog junećeg mesa tokom sva tri ciklusa ispitivanja

Figure 1. Changes in a_w values in samples of packaged and unpacked beef in all three test cycles



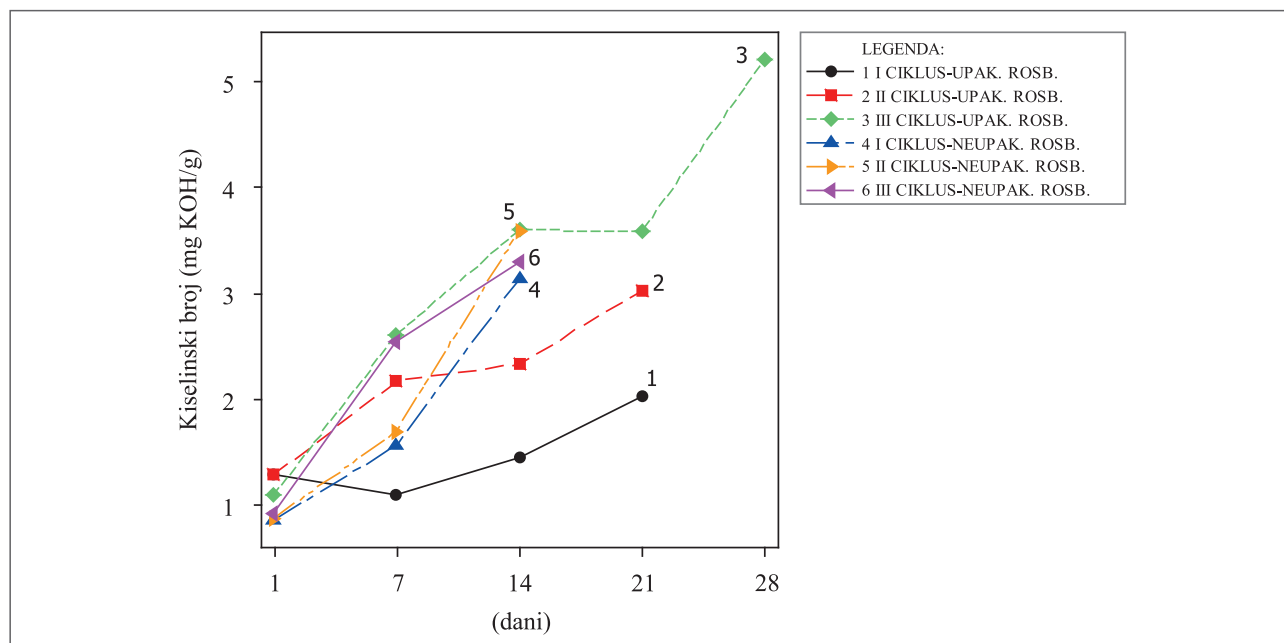
Grafikon 2. Promene pH vrednosti u uzorcima upakovanog i neupakovanog junećeg mesa tokom sva tri ciklusa ispitivanja

Figure 2. Changes in pH values in samples of packaged and unpacked beef in all three test cycles

pH 3, što dodatno znači i veći sadržaj malondialdehida pri pH 6,8.

Na osnovu rezultata prikazanih na grafikonu 3 može da se vidi da kiselinski broj (mg KOH/g), tokom perioda ispitivanja, pokazuje permanentni i brzi porast u neupakovanom mesu (1. dan ispitiva-

nja, 3. ciklus $0,92 \pm 0,07$; 14. dan ispitivanja, 2. ciklus $3,59 \pm 0,49$), u odnosu na sporiji porast koji je utvrđen u upakovanom mesu (1. dan ispitivanja, 1. ciklus: $1,30 \pm 0,26$); 14. dan ispitivanja, 3. ciklus ($3,60 \pm 0,28$); 21. dan, 3. ciklus ($3,59 \pm 0,35$). Produženim čuvanjem do 28. dana (upakovana rozbrat-



Grafikon 3. Promene vrednosti kiselinskog broja u uzorcima upakovanog i neupakovanog junećeg mesa tokom sva tri ciklusa ispitivanja

Figure 3. Changes in acid number values in samples of packaged and unpacked beef in all three test cycles

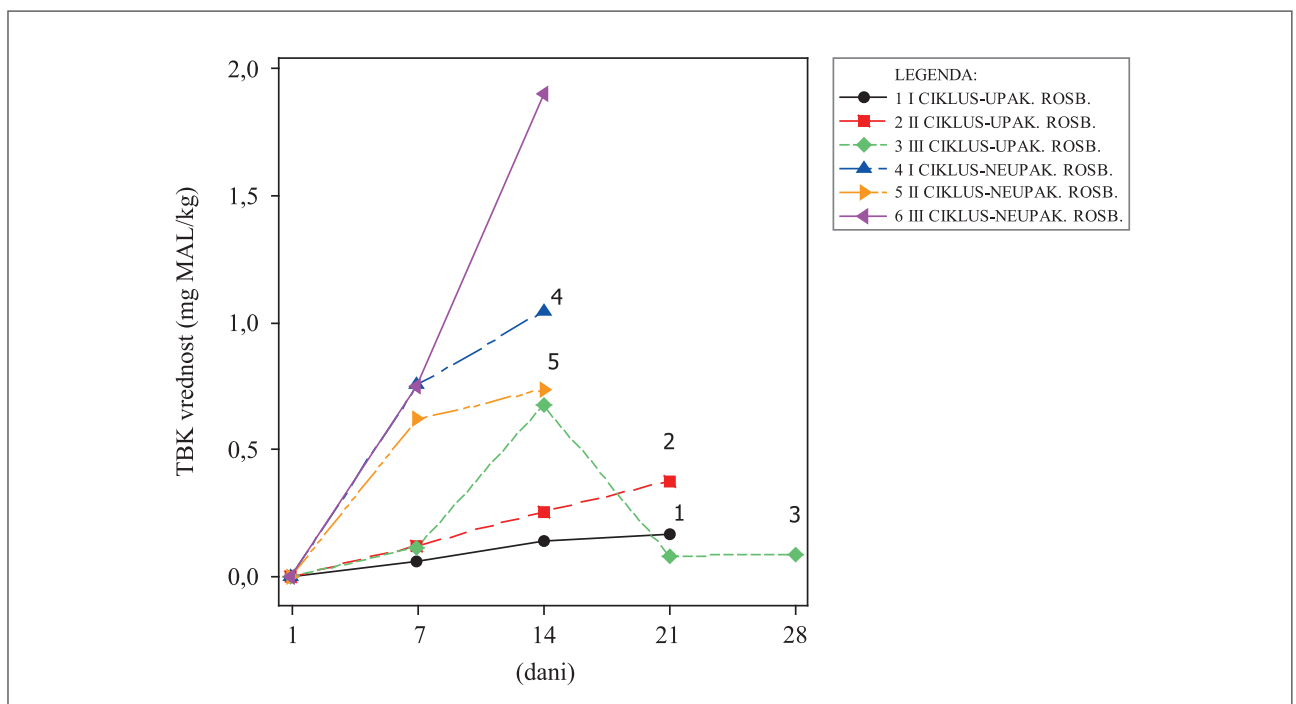
na, 3. ciklus), trend porasta kiselinskog broja se nastavio i 28. dana je drastično porastao i iznosio je $5,21 \pm 0,11$ mg KOH/g. Ovaj parametar kao pokazatelj početka hidrolitičke degradacije lipida u mesu ne može se koristiti kao jedini indikator kvara mesa i njegov porast tokom čuvanja mesa je uobičajena pojava. Vrednost kiselinskog broja je u vezi sa sadržajem vode u mesu, koja doprinosi reakcijama hidrolize (Naz i dr., 2005). Takođe, niža pH vrednost u neupakovanom mesu (od 5,83 do 6,26) u odnosu na upakovano (6,04 do 6,42) utiče na smanjenje lipolize, što je u skladu sa rezultatima studije Khaksar i dr. (2010).

Oksidacija lipida se često određuje preko TBK testa (Dave i Ghaly, 2011). Na grafikonu 4 prikazane su promene TBK vrednosti u ispitanim uzorcima upakovanog i neupakovanog junećeg mesa. U vakuum pakovanoj goveđoj rozbratni, sadržaj malondialdehida je u sva tri ciklusa 1. dana, iznosio 0,00 mg MAL/kg, odnosno nije utvrđeno prisustvo sekundarnih proizvoda oksidacije. U prva dva ciklusa ispitivanja, u periodu od 7. do 21. dana, količina MAL se povećavala, tako da je 21. dana iznosila $0,17 \pm 0,01$ mg/kg (1. ciklus) i $0,38 \pm 0,02$ mg/kg (2. ciklus). U trećem ciklusu, 7. i 14. dana utvrđen je značajniji porast sadržaja MAL, $0,12 \pm 0,01$ mg/kg i $0,68 \pm 0,01$ mg /kg, respektivno, dok je 21. i 28. dana sadržaj MAL značajnije pao i iznosio je 0,08 i 0,09 mg/kg, respektivno.

Kada je u pitanju neupakovana rozbratna, ispitivanja su pokazala značajniji i brži porast sadržaja MAL. Naime, 1. dana ispitivanja, kao i u vakuum pakovanom mesu, nije utvrđeno prisustvo sekundarnih proizvoda oksidacije (0,00 mg/kg MAL), ali 7. dana sadržaj MAL je iznosio $0,75 \pm 0,15$ mg/kg (1. i 3. ciklus) i $0,62 \pm 0,28$ mg/kg (2. ciklus). Trend porasta sadržaja malondialdehida u neupakovanom mesu se nastavio, tako da je 14. dana, u sva tri ciklusa iznosio $1,04 \pm 0,01$ mg/kg, $0,74 \pm 0,10$ i $2,90 \pm 0,01$ mg/kg, respektivno.

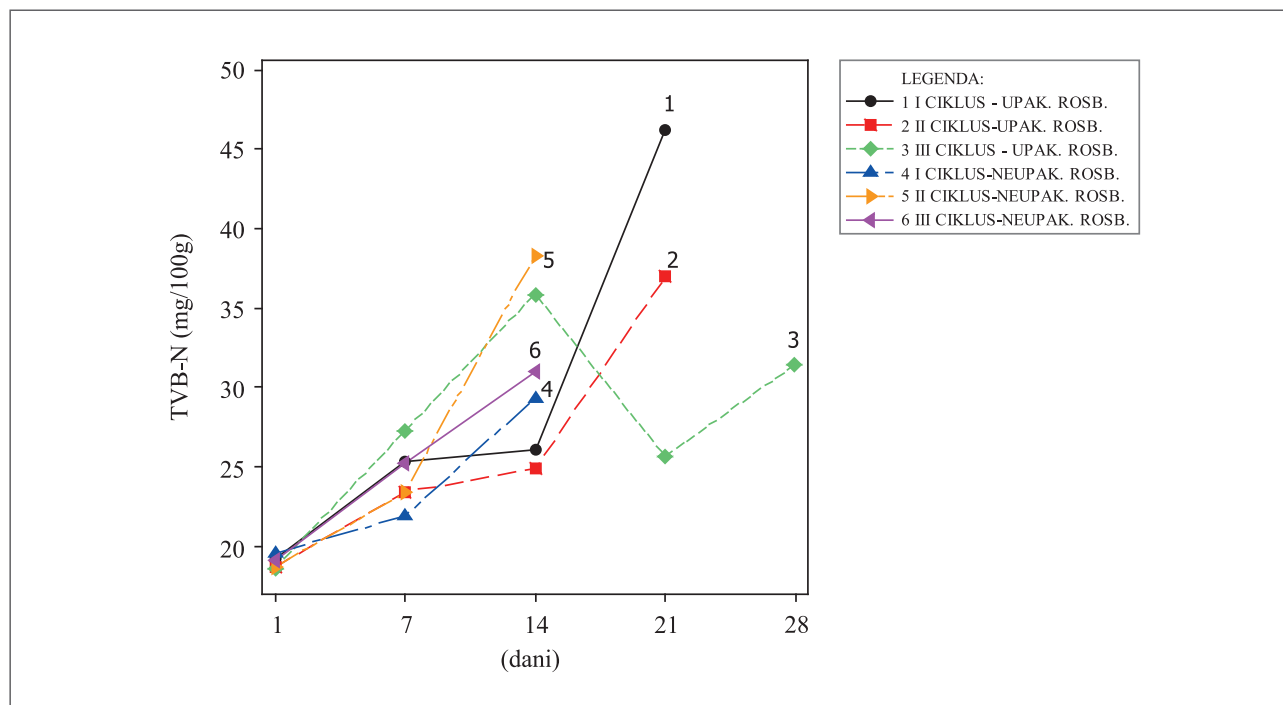
Vreme skladištenja, kao i pakovanje je pokazalo značajan uticaj na razvoj oksidacije lipida. Utvrđena je duža održivost svežeg goveđeg mesa upakovanog u vakuumu u odnosu na neupakovano, na šta ukazuju i veće TBK vrednosti ($p > 0,01$) 14. dana ispitivanja (za neupakovano meso 1,04, 0,74 i 2,90 MAL/kg, respektivno, po ciklusima, u odnosu na u vakuum upakovanu goveđu rozbratnu 0,14, 0,26 i 0,68 MAL/kg, respektivno, po ciklusima).

U uzorcima upakovane i neupakovane rozbratne količina malondialdehida (0,68 za upakovanu i max. 2,90 za neupakovanu) i je bila ispod kritične vrednosti od 3 mg MAL/kg, na kojoj se, prema Wong i dr. (1995), može detektovati užeglost. Može se pretpostaviti da je za slab intenzitet oksidacionih procesa odgovorna ishrana goveda od kojih meso potiče. Odnosno, prema Yang i dr. (2002) i Gatellier



Grafikon 4. Promene TBK vrednosti u uzorcima upakovanog i neupakovanog junećeg mesa tokom sva tri ciklusa ispitivanja

Figure 4. Changes in TBA values in samples of packaged and unpackaged beef in all three test cycles



Grafikon 5. Promene TVB-N vrednosti u uzorcima upakovanog i neupakovanog junećeg mesa tokom sva tri ciklusa ispitivanja

Figure 5. Changes in TVB-N values in samples of packaged and unpackaged beef in all three test cycles

i dr. (2005), 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. Malondialdehid je jedan od proizvoda degradacije peroksida sa velikim potencijalom za reakciju sa drugim jedinjenjima (*deMan*, 1999).

Na osnovu rezultata prikazanih na grafikonu 5 može se videti da se sadržaj ukupnog isparljivog azota tokom perioda ispitivanja povećavao, kako u upakovanom svežem goveđem mesu, tako i u neupakovanom, što je u skladu sa navodima *Sunki i dr.* (1978). Naime, količina TVB-N je 1. dana ispitivanja, u sva tri ciklusa, bila slična (neupakovana goveđa rozbratna od 18,73 do 19,60 mg/100g; upakovana goveđa rozbratna od 18,66 do 19,25 mg/100g). 14. dana ispitivanja, sadržaj TVB-N je u neupakovanoj rozbratni bio veći (od 29,34 ± 1,47 mg/100g, 1. ciklus do, 38,36 mg/100g, 2. ciklus (u poređenju sa rozbratnom u vakuum pakovanju od 24,89 ± 0,98 mg/100g, 2. ciklus do 35,91 ± 0,17, mg/100g, 3. ciklus), što ukazuje na bržu razgradnju proteina u neupakovanom u odnosu na upakovano meso. Sa produženjem vremena ispitivanja upakovanog goveđeg mesa, slično kao i u studiji *Sunki i dr.* (1978), došlo je drastičnijeg porasta TVB-N, tako da je sadržaj ukupnog isparljivog azota u upakovanom goveđem mesu 21. dana

ispitivanja bio 46,32 ± 0,26 mg/100g (1. ciklus) i 37,00 ± 0,75 mg/100g (2. ciklus). U trećem ciklusu ispitivanja upakovanog goveđeg mesa, 21. dana je sadržaj TVB-N neočekivano je opao (25,71 ± 0,21 mg/100g), da bi u narednom ispitivanju (28. dana) bio utvrđen njegov porast (31,45 ± 0,52 mg/100g).

U sva tri ciklusa ispitivanja vakuum upakovanog i neupakovanog goveđeg mesa utvrđena je statistički značajna korelacija između kiselinskog broja i TVB-N ($P_s = 0,621$; $p = 0,02$), kao i između a_w i TVB-N ($P_s = 0,577$; $p = 0,005$). Ustanovljene su statistički značajne razlike ($p = 0,001$), kod svih ispitivanih uzoraka, između ciklusa za TVB-N, TBK test, kiselinski broj i pH vrednost. Takođe, za sva tri ciklusa ispitivanja, 21. dana za upakovano i 14. dana za neupakovano meso, utvrđena je statistički značajna razlika ($p < 0,05$) u pogledu a_w vrednosti, TVB-N i kiselinskog broja. Međutim, u pogledu pH vrednosti, u prvom i trećem ciklusu ispitivanja nije ustanovljena statistički značajna razlika ($p > 0,05$), (1. ciklus 14. dan, neupakovano meso pH = 6,10 i 21. dan, upakovano meso pH = 6,02; 3. Ciklus, 14. dan, neupakovano meso pH 6,04 i 21. dan, upakovano meso pH = 6,15). Utvrđena je statistički značajna razlika ($p < 0,05$) u pogledu ovog parametra samo u 2. ciklusu ispitivanja (14. dan, neupakovano meso pH = 6,30 i 21. dan, upakovano meso pH = 6,02).

Zaključak

S obzirom na utvrđene hemijske promene u svežem goveđem mesu čuvanom u uslovima malo-prodaje u rashladnoj vitrini može da se zaključi da je, kako dužina odnosno vreme čuvanja, tako i pakovanje (vakuum) imalo značajan uticaj na održivost ove namirnice. Generalno, na održivost, uzimajući u

obzir hemijske promene u okviru sva tri ciklusa, uticalo je pakovanje mesa, koje je uslovalo dužu održivost (21 dan) u poređenju sa neupakovanim mesom (14 dana).

Prema dobijenim rezultatima hemijskih ispitivanja utvrđeno vreme održivosti za goveđu rozbratnu koja nije upakovana je 14 dana, a za rozbratnu upakovanu u vakuum 21 dan.

Literatura

- Azad M. A. K., Akter S., 2005.** Influence of Freezing time on the Quality of beef. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4, 4, 424–426.
- Berges E., 1999.** Importance of vitamin E in the oxidative stability of meat: Organoleptic qualities and consequences. *Cahiers Options Mediterranennes*, 37, 347–363.
- Berkel B. M., Boogaard B. V., Heijnen C., 2004.** Preservation of fish and meat. Agromisa Foundation, Wageningen, The Netherlands, 8, 78–80.
- Cascone A., 2005.** Study and prevention of lipid oxidation in meat. Doctoral thesis in Food Science and Nutrition, University of Naples Federico, Naples, Italy, pp: 7–11.
- Cassens R. G., 1994.** Meat Preservation, Preventing Losses And Assuring Safety. 1st Edn., Food and Nutrition Press, Inc. Trumbull, Connecticut, USA, 79–92.
- Chambers P. G., Grandin T., 2001.** Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock. G. Heinz and T. Srisuvan (Eds.). http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/animalwelfare/guidelines%20humane%20handling%20transport%20slaughter.pdf.
- Dave D., Ghaly E. A., 2011.** Meat Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: A Critical Review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6, 4, 486–510.
- deMan J. M., 1999.** Principles of food chemistry, 3rd Edn., Gaithersburg, Maryland, Aspen Publications Inc., 54–61.
- 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.
- Ghaly A. E., Dave D., Budge S., Brooks M. S., 2010.** Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: Review. *American Journal of Applied Science*, 7, 846–864.
- Heinz G., Hautzinger P., 2007.** Meat Processing Technology. For Small-To Medium scale Producers. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. Retrived on 1st June 2010, from <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai407e/ai407e00.pdf>.
- Holland C. D., 1971.** Determination of malonaldehyde as an index of rancidity of nut meats. *Journal of AOAC*, 54, 5, 1024–1026.
- 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.
- Kotzekidou P., Bloukas J. G., 1996.** Effect of protective cultures and packaging film permeability on shelf-life of sliced vacuum-packed cooked ham. *Meat Science*, 42, 333–345.
- Kuwahara K., Osako K., 2003.** Effect of sodium Gluconate On Gel Formation Of Japanese Common Squid Muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 69, 637–42.
- Linares M. B., Berruga M. I., Bornezv R., Vergara H., 2007.** Lipid oxidation in lamb meat: Effect of the weight, handling previous slaughter and modified atmospheres. *Meat Science*, 76, 715–720.
- 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.
- Miller R. K., 2002.** Factors affecting the quality of raw meat, In: Meat processing Improving quality. Joseph, K., K. John and D. Ledward (Eds.), CRC Press, FL, USA, 26–63.
- 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.
- Newton, K. G., Rigg W. J., 1979.** The effect of film permeability on the storage life and microbiology of vacuum-packed meat. *Journal of Applied Bacteriology*, 47, 433–441.
- Radetić, P., Milijašević, M., Jovanović, J., Velebit, B., 2007.** Pakovanje svežeg mesa u modifikovanoj atmosferi – trend koji traje. *Tehnologija mesa* 1–2, 99–109.
- Russell S. M., Fletcher D. L., Cox N. A., 1996.** Spoilage bacteria of fresh broiler chicken carcasses. *Poultry Science*, 75, 2041–2047.
- Savell J. W., Smith G. C., Hanna M. O., Vanderzant C., 1981.** Packing of beef loin steaks in 75% O₂ plus 25% CO₂, Physical and sensory properties. *Journal of Food Science*, 44, 12, 923–927.
- 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_Meat_Products.html.

- 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>.
- 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).
- 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.
- 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.
- Toldra F., Flores M., 2000.** The use of muscle enzymes as predictors of pork meat quality. *Food Chemistry*, 69: 387–395.
- Wong J. W., Hashimoto K., Shibamoto T., 1995.** Antioxidant activities of resemmary and sage extracts and vitamin E in a model meat system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 10, 2707–2712.
- Yang A., Lanari M. C., Brewster M., Tume R. K., 2002.** Lipid stability and meat colour 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.

The effect of vacuum packaging on chemical changes in chilled beef

Vranić Danijela, Milijašević Milan, Petrović Zoran, Đinović-Stojanović Jasna, Jovanović Jelena, Lilić Slobodan, Petronijević Radivoj

S u m m a r y: The aim of the study was to establish the differences between chemical parameters of shelf life of unpackaged beef tenderloin and beef tenderloin packed in vacuum. Beef tenderloin used in the experiment, derived from 3 Simmental young cattle of average weight of 400 kg, which were slaughtered in an industrial slaughterhouse. Dynamics of sample testing was: day 1 (after packaging), day 7, 14, 21 and 28. During storage, the packaged and unpackaged beef was tested in respect to chemical parameters that would indicate the hydrolytic and oxidative changes. The a_w value, pH, acid number, TBA (Tiobarbituric acid) and TVB-N (Total volatile basic nitrogen) values were examined. The highest a_w values were measured on day 21 of testing, in samples of packaged tenderloin from the first and third cycle, while the lowest a_w value was recorded on day 21 in samples of packed tenderloin from the second test cycle. All of the samples showed a decrease in pH during the first 7 days, after which the pH value increased and in 14 day it was similar in packaged and unpackaged meat samples. During the investigated study period, acid value showed a permanent and rapid increase in the unpackaged meat in relation to sluggish increase, which was registered in the packaged meat. Based on the content of malondialdehyde (MAL) the vacuum packed beef tenderloin, in all three cycles, on day 1 of the test showed no presence of secondary oxidation products. In the first two cycles of testing, from the 7 to 21 days, the amount of MAL increased, and in the third cycle, on day 7 and 14 of the test, the significant increase in the MAL content was determined, while on day 21 and 28 of the test, its content significantly decreased. The quantity of TVB-N, on day 1 of the test, in all three cycles of the tested samples of packaged and unpackaged beef tenderloin, was similar, but on day 14 of testing, the content of TVB-N in unpackaged tenderloin was higher compared to the vacuum packaged tenderloin, what indicated to a faster protein degradation in unpackaged meat compared to the vacuum packaged meat.

When the results obtained for the chemical parameters from the all three cycles are taken into accounts, it can be concluded that the shelf life of the unpacked beef was 14 days and for vacuum packed tenderloin 21 days.

Key words: tenderloin, vacuum packing, a_w , pH, acid number, total volatile nitrogen, TBA.

Rad primljen: 2.11.2012.

Rad ispravljen: 9.11.2012.

Rad prihvaćen: 20.11.2012.