

# Uticaj pakovanja u modifikovanoj atmosferi i vakuumu na odabrane hemijske parametre svežine kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*) i odrezaka šarana (*Cyprinus carpio*)

Jelena A. Babić<sup>1</sup>, Mirjana R. Dimitrijević<sup>2</sup>, Milan P. Milijašević<sup>1</sup>, Vesna Ž. Đorđević<sup>1</sup>,  
Radivoj B. Petronijević<sup>1</sup>, Slaven M. Grbić<sup>3</sup>, Aurelija T. Spirić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd, Srbija

<sup>3</sup>Slaven d.o.o., Banja Luka, Bosna i Hercegovina

## Izvod

Cilj ovih istraživanja bio je da se ispita uticaj pakovanja u modifikovanoj atmosferi i vakuumu na promene vrednosti ukupno isparljivog azota (TVB-N) i pH mesa kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*) i šarana (*Cyprinus carpio*), kao odabranih hemijskih parametara svežine mesa ribe i da se ustanove najpodesnije smeše gasova za pakovanje ove dve slatkododne vrste riba. Za potrebe ovog istraživanja formirane su po tri grupe uzoraka očišćene pastrmke i odrezaka šarana. Prve dve grupe su upakovane u modifikovanu atmosferu sa različitim odnosom gasova: 60% CO<sub>2</sub> + 40% N<sub>2</sub> (I grupa) i 40% CO<sub>2</sub> + 60% N<sub>2</sub> (II grupa), dok je III, kontrolna, grupa upakovana u vakuum. Svi uzorci su čuvani pri istovetnim uslovima na temperaturi od +3 °C, a zatim su prvog, sedmog i četrnaestog dana čuvanja obavljena ispitivanja. Dobijeni rezultati ukazuju da je na vrednost TVB-N u uzorcima pastrmke i odrezaka šarana bitno uticao sastav upotrebene gasne smeše. Tokom četrnaest dana čuvanja vrednosti za TVB-N u uzorcima sve tri grupe pastrmke i odrezaka šarana statistički su značajno porasle ( $p < 0,001$ ). Najmanji rast vrednosti za TVB-N ustanovljen je u I grupi uzoraka pastrmke i odrezaka šarana, dok je porast vrednosti za TVB-N bio najveći u uzorcima III grupe. Najniža pH vrednost ustanovljena je u uzorcima pastrmke i odrezaka šarana koji su upakovani u modifikovanu atmosferu sa 60% CO<sub>2</sub> + 40% N<sub>2</sub> (I grupa). Rast pH vrednosti u uzorcima pastrmke upakovane u vakuum ustanovljen je tokom celog perioda ispitivanja, dok je u uzorcima odrezaka šarana upakovanim u vakuum rast pH vrednosti ustanovljen samo do sedmog dana ispitivanja. Smeša gasova sa 60% CO<sub>2</sub> + 40% N<sub>2</sub> pokazala se kao najpodesnija za pakovanje sveže pastrmke i odrezaka šarana.

**Ključne reči:** modifikovana atmosfera, pastrmka, šaran, svežina, ukupan isparljivi azot, pH.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

Činjenica da sveža riba predstavlja veoma kvarljivu namirnicu (pH > 6,0;  $a_w > 0,98$ ) uticala je da fokus proizvođača bude usmeren ka iznalaženju optimalne metode konzervisanja ribe. Međutim, poslednjih godina u svetu, potrošači sve izraženije zahtevaju da u svakom trenutku u ponudi imaju svežu ribu, s obzirom na to da, kao takva, ima najprihvatljivije senzorne karakteristike. Ovaj trend je uslovio razvoj efikasnog koncepta pakovanja u modifikovanu atmosferu (MAP), koji ribi obezbeđuje duži rok održivosti i očuvanje osnovnih parametara svežine [1]. MAP se, danas, koristi u proizvodnji sveže i ohlađene hrane, uključujući sirovo i termički obrađeno meso, živinu, ribu, paste, voće i povrće i, u novije vreme, kafu, čaj i pekarske proizvode. U cilju dobijanja što kvalitetnijih proizvoda u odnosu na senzorna svojstva, u industrijskoj preradi se poljoprivredni

proizvodi podvrgavaju brojnim procesima i operacijama [2]. Međutim, u današnje vreme postoji zahtev tržišta za namirnicama koje su minimalno prerađene i bez dodatnih konzervanasa i aditiva [3], tako da je hrana upakovana u modifikovanu atmosferu sve više prisutna u maloprodaji. Pakovanje u modifikovanoj atmosferi se može definisati kao uklanjanje vazduha iz pakovanja i njegova zamena određenim gasom ili smešom gasova. Svrha ove tehnologije je da se produži održivost hrane sprečavanjem ili usporavanjem biohemijskih procesa (oksidacija masti, formiranje metmioglobina) i rasta bakterija kvara [4]. Gasovi koji se najviše koriste u tehnologiji pakovanja u modifikovanu atmosferu su ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>), kiseonik (O<sub>2</sub>) i azot (N<sub>2</sub>) [5]. Ovi gasovi se koriste u različitim kombinacijama, a njihove uloge u modifikovanoj atmosferi su veoma različite. Dok je N<sub>2</sub> inertan gas kome je zadatak da spreči kolaps pakovanja, CO<sub>2</sub> može inhibirati rast nekoliko vrsta mikroorganizama, posebno onih koji izazivaju nastanak kvara i neprijatnih mirisa kod namirnica koje se čuvaju na temperaturi frižidera. Prednost ugljen-dioksida je i

NAUČNI RAD

UDK 664.8.033:597:66

Hem. Ind. 68 (1) 69–76 (2014)

doi: 10.2298/HEMIND130304030B

Prepiska: J.A. Babić, Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kačanskog 13, 11000 Beograd, Srbija.

E-pošta: [babicdzela@yahoo.com.au](mailto:babicdzela@yahoo.com.au)

Rad primljen: 4. mart, 2013

Rad prihvaćen: 10. april, 2013

što nije toksičan za ljude [6]. Kiseonik ima značajnu ulogu u MAP-u, pogotovo u pakovanju svežeg mesa [5]. Prisustvo kiseonika održava pigment mioglobin u mesu u oksigenisanoj formi, oksimioglobinu, i, na taj način, daje mesu svetlocrvenu boju, prihvatljivu za potrošača. Međutim, smanjenjem koncentracije kiseonika u pakovanju može da se spreči oksidacija masti i nastajanje užeglosti masne komponente u mesu, ribi i pekarskim proizvodima. Oksidacija masti bi dovela do nastanka neprijatnog mirisa i ukusa ili do promene boje proizvoda.

Iako su i drugi gasovi, kao što su azot-oksidi, sumpor-dioksid, etilen, hlor, ozon i propilen-oksidi eksperimentalno korišćeni, oni se ne primenjuju u MAP tehnologiji zbog bezbednosti proizvoda, propisa koji ograničavaju njihovu upotrebu i cene pakovanja [7]. Mešavine gasova sa visokom koncentracijama CO<sub>2</sub> i N<sub>2</sub> su privukle najveću pažnju istraživača koji su se tokom protekle decenije bavili problematikom pakovanja ribe. Međutim, uticaj pakovanja u modifikovanu atmosferu na održivost sveže ribe i najpodesnija smeša gasova zavise od vrste ribe koja se pakuje, sadržaja masti, inicijalne mikrobiološke kontaminacije, manipulacije ribom posle izlova, zapreminskog odnosa gasa i proizvoda u pakovanju i, što je najvažnije, metode pakovanja i uslova skladištenja [6,8]. U nekim slučajevima, MAP može da utiče na sniženje kvaliteta upakovane ribe zbog rastvaranja CO<sub>2</sub> u mesu ribe, usled čega nastaje ugljena kiselina, a pri manjim vrednostima pH smanjuje se i kapacitet mesa ribe da vezuje vodu usled čega dolazi do izdvajanja mesnog soka u pakovanju koji je idealna podloga za razvoj mikroorganizama kvara [6,9]. Iz tih razloga je neophodno da se odredi optimalni odnos gasova u smeši u zavisnosti od karakteristika proizvoda koji se pakuje i sistema za pakovanje.

Kao hemijski indikator svežine ribe smatra se vrednost ukupno isparljivog azota (*total volatile basic nitrogen* – TVB-N). Ukupno isparljivi azot čine jedinjenja koja su odgovorna za nastanak neprijatnog mirisa i ukusa mesa ribe, a tu spadaju amonijak, dimetilamin (DMA), trimetilamin (TMA), amini koji nastaju dekarboksilacijom amino-kiselina, kao i druga azotna jedinjenja koja u alkalnom obliku postaju isparljiva [10,11]. Amonijak nastaje bakterijskom dezaminacijom proteina, peptida i amino-kiselina kao i autolitičkom razgradnjom adenozin monofosfata (AMP). Dimetilamin i trimetilamin nastaju degradacijom trimetilamin-oksida (TMAO), jedinjenja koje ima značajnu ulogu u osmoregulaciji i čije je prisustvo dokazano kod svih morskih i velikog broja slatkovodnih riba. Aktivnošću endogenih enzima riba dolazi do razgradnje TMAO i nastanka DMA i formaldehida [12]. Pod anaerobnim uslovima, bakterije uzročnici kvara mesa, koristeći TMAO kao krajnji akceptor elektrona u anaerobnoj respiraciji, dovode do

formiranja TMA, koji predstavlja jedinjenje odgovorno za pojavu karakterističnog mirisa kod kvara ribe [13].

Cilj ovih istraživanja bio je da se ispita uticaj pakovanja u modifikovanoj atmosferi i vakuumu na promene vrednosti ukupnog isparljivog azota (TVB-N) i pH mesa kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*) i šarana (*Cyprinus carpio*) i da se ustanove najpodesnije smeše gasova za pakovanje ove dve slatkovodne vrste riba.

## MATERIJAL I METODE

Kalifornijska pastrmka (*Oncorhynchus mykiss*), koja je korišćena u eksperimentu, je gajena u identičnim uslovima i potiče iz istog bazena za intenzivni uzgoj. Ribnjak u kome je gajena pastrmka nalazi se na obroncima planine Zlatibor. Za potrebe ispitivanja uzorkovano je 54 jednogodišnjih pastrmki prosečne mase 273 g. Riba je živa transportovana od ribnjaka do pogona za klanje i preradu, gde je smeštena u prihvatni bazen, a zatim omamljena električnom strujom. Klanje i evisceracija ribe je obavljeno na automatskom uređaju, a pranje trupova ručno, pod mlazom vode. Konzumni šaran (*Cyprinus carpio*) je poticao iz ribnjaka koji se nalazi u ravničarskom delu Srbije, u kome je primenjen poluintenzivni način uzgoja ribe. Za eksperiment je korišćeno 9 dvogodišnjih šarana prosečne mase 2,5 kg. Šarani su živi preneti do pogona za klanje i preradu ribe, gde su omamljeni, zaklani, očišćena im je krljušt, a trup je isečen na odreske debljine 2 cm, pri čemu je od jednog trupa dobijeno po 6 odrezaka. Formirane su po tri grupe uzoraka, a svaku grupu je činilo 18 uzoraka očišćene pastrmke, odnosno odrezaka šarana. Prve dve grupe su upakovane u modifikovanu atmosferu sa različitim odnosom gasova: 60% CO<sub>2</sub> + 40% N<sub>2</sub> (I grupa) i 40% CO<sub>2</sub> + 60% N<sub>2</sub> (II grupa), dok je III, kontrolna, grupa upakovana u vakuum. Za pakovanje uzoraka upotrebljena je mašina za pakovanje „Variovac“ (Variovac Primus, Zarrentin, Nemačka). Kao materijal za pakovanje korišćena je folija OPA/EVOH/PE (orijentisani poliamid/etilen vinil alkohol/polietilen, Dynopack, Polimoon, Kristiansand, Norveška) sa niskom propustljivošću za gas (stepen propustljivosti za O<sub>2</sub> – 3,2 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> dan<sup>-1</sup> pri 23 °C; za N<sub>2</sub> – 1 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> dan<sup>-1</sup> pri 23 °C; za CO<sub>2</sub> – 14 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> dan<sup>-1</sup> pri 23 °C i za vodenu paru 15 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> dan<sup>-1</sup> pri 38 °C). Odnos gas/uzorak u pakovanju bio je 2:1. U toku eksperimenata, svi uzorci su čuvani pri istovetnim uslovima, na temperaturi od 3 °C. Za potrebe ispitivanja, iz svake grupe (I, II i III) prvog, sedmog i četrnaestog dana uzeto je po 6 uzoraka. Svi uzorci su ispitani u duplikatu.

## Hemijska ispitivanja

Vrednost pH je određena prema standardnoj metodi SRPS ISO 2917/2004 (pH metar-Cyber Scan 510) [14].

Ukupno isparljivi azot (TVBN) je određen prema EU referentnoj metodi koja je data u *Commission Regulation (EC), No. 2074/2005* [15].

#### Metode statističke obrade podataka

Za statističku obradu podataka (srednja vrednost, mere varijacije, analiza varijanse i *t*-test) korišćen je softverski paket Microsoft Office Excel 2007.

### REZULTATI I DISKUSIJA

#### Ukupno isparljivi azot

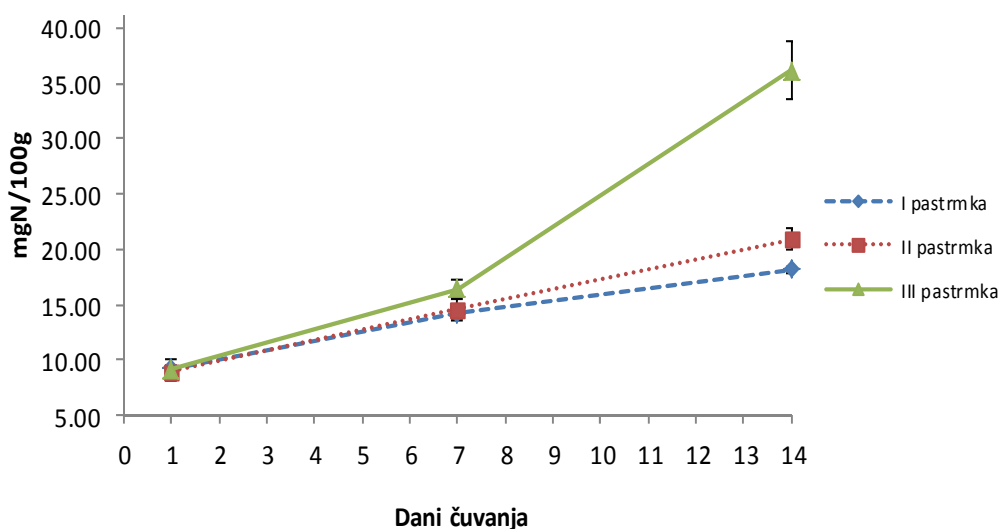
Rezultati ispitivanja prosečnih vrednosti ukupno isparljivog azota za uzorke pastrmki upakovanih u modifikovanu atmosferu i vakuum prikazani su na slici 1.

Na osnovu prikazanih rezultata može da se vidi da se prvog dana prosečan sadržaj TVB-N u sve tri grupe uzoraka pastrmki ( $9,22 \pm 0,32$ ;  $8,97 \pm 0,46$  i  $9,10 \pm 0,31$  mg

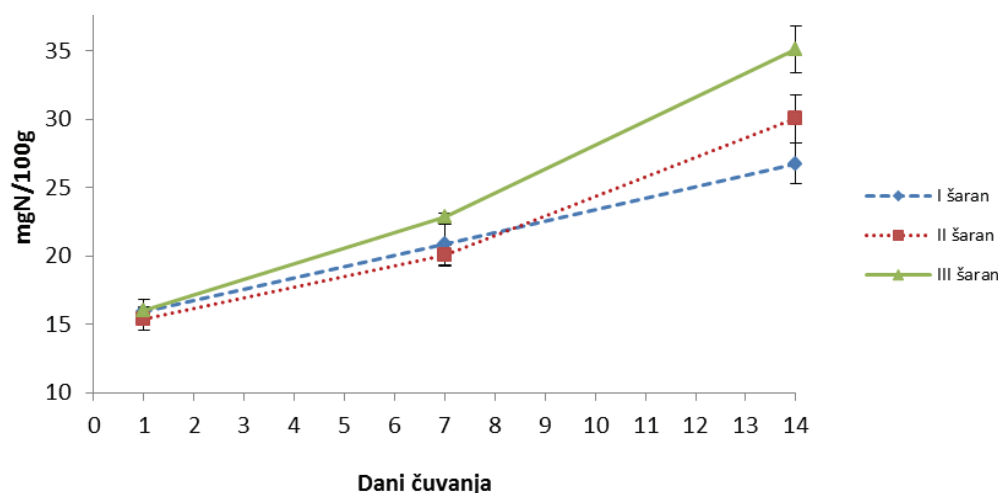
N/100 g) nije statistički značajno razlikovao ( $p > 0,05$ ). Prosečan sadržaj za TVB-N u uzorcima I ( $14,15 \pm 0,60$  mg N/100 g) i II grupe ( $14,55 \pm 0,98$  mg N/100 g), nakon sedam dana čuvanja, statistički se značajno razlikovao ( $p < 0,001$ ) u odnosu na prosečni sadržaj za TVB-N u uzorcima III grupe ( $16,46 \pm 1,00$  mg N/100 g). Statistički značajna razlika nije ustanovljena ( $p > 0,05$ ) između vrednosti za TVB-N u uzorcima I i II grupe sedmog dana ispitivanja. Četrnaestog dana ispitivanja, između prosečnih vrednosti za TVB-N u uzorcima I ( $18,17 \pm 0,93$  mg N/100 g), II ( $20,90 \pm 0,81$  mg N/100 g) i III grupe ( $36,18 \pm 2,65$  mg N/100 g) ustanovljena je statistički značajna razlika na nivou  $p < 0,001$ .

Rezultati ispitivanja prosečnih vrednosti ukupno isparljivog azota za uzorke odrezaka šarana upakovanih u modifikovanu atmosferu i vakuum prikazani su na slici 2.

U uzorcima odrezaka šarana, prvog dana ispitivanja, takođe, nije ustanovljena statistički značajna razlika



Slika 1. Vrednosti za TVB-N u uzorcima pastrmke upakovanih u modifikovanu atmosferu i vakuumu ( $\bar{X} \pm Sd$ ).  
Figure 1. TVB-N values in trout samples packaged in modified atmosphere and vacuum ( $\bar{X} \pm Sd$ ).



Slika 2. Vrednosti za TVB-N u uzorcima odrezaka šarana upakovanih u modifikovanu atmosferu i vakuumu ( $\bar{X} \pm Sd$ ).  
Figure 2. TVB-N values in carp cuts packaged in modified atmosphere and vacuum ( $\bar{X} \pm Sd$ ).

( $p > 0,05$ ) između prosečnih vrednosti za TVB-N ( $15,95 \pm 0,84$ ;  $15,39 \pm 0,78$  i  $16,05 \pm 0,27$  mg N/100 g). Sedmog dana ispitivanja, prosečna vrednost za TVB-N u uzorcima šarana iz I grupe ( $20,86 \pm 0,78$  mg N/100 g) bila je najmanja i statistički značajno se razlikovala ( $p < 0,05$ ) od prosečne vrednosti za TVB-N u uzorcima III grupe ( $22,82 \pm 1,74$  mg N/100 g). Razlika između vrednosti za TVB-N u uzorcima II grupe ( $20,04 \pm 0,75$  mg N/100 g) u odnosu na vrednost za TVB-N u uzorcima III grupe bila je na nivou statističke značajnosti od  $p < 0,001$ . Između prosečnih vrednosti za TVB-N u uzorcima I i II grupe sedmog dana ispitivanja nije ustanovljena statistički značajna razlika ( $p > 0,05$ ). Četrnaestog dana ispitivanja, u uzorcima šarana iz I grupe ustanovljena je najmanja prosečna vrednost za TVB-N ( $26,74 \pm 1,48$  mg N/100 g), a u uzorcima iz III grupe prosečna vrednost za TVB-N je bila najveća ( $35,10 \pm 1,75$  mg N/100 g). Kod uzoraka šarana iz II grupe prosečna vrednost za TVB-N četrnaestog dana ispitivanja iznosila je  $30,02 \pm 0,31$  mg N/100 g. Razlika između prosečnih vrednosti za TVB-N u sve tri grupe odrezaka šarana četrnaestog dana ispitivanja bila je statistički značajna ( $p < 0,001$ ).

Prosečna vrednost za TVB-N u uzorcima pastrmke ( $9,10$  mg N/100 g) i u uzorcima odrezaka šarana ( $15,80$  mg N/100 g) prvog dana ispitivanja bila je niska, što ukazuje na dobar kvalitet ribe. Arahisar i sar. [16] su u svojim istraživanjima ustanovili da je inicijalna vrednost za TVB-N u filetima pastrmke iznosila  $12$  mg N/100 g, dok Ježek i Buhtova [17] u filetima šarana na početku ispitivanja pokazuju vrednost za TVB-N od  $16,25 \pm 0,79$  mg N/100 g. Ove razlike u vrednostima za TVB-N, u odnosu na naša ispitivanja, mogu biti posledica različitih vrednosti neproteinskog azota mesa ribe, koje zavise od načina ishrane, vremena izlova, veličine ribe kao i mikrobiološkog kvaliteta mesa ribe [18].

Kao što se može videti sa slika 1 i 2, na vrednosti za TVB-N u uzorcima pastrmke i odrezaka šarana bitno je uticao sastav upotrebene gasne smeše. Tokom četrnaest dana ispitivanja vrednosti za TVB-N u uzorcima sve tri grupe uzoraka pastrmke i odrezaka šarana statistički su značajno porasle ( $p < 0,001$ ). Najmanji rast vrednosti TVB-N ustanovljen je u I grupi uzoraka, koji su upakovani u MAP sa  $60\% \text{CO}_2$  i  $40\% \text{N}_2$ , dok je porast vrednosti TVB-N bio najveći u uzorcima pastrmke i odrezaka šarana upakovanim u vakuumu. Ustanovljena razlika za vrednosti TVB-N u ispitanim grupama uzoraka može se objasniti većim procentualnim udelom  $\text{CO}_2$  u smeši gasova kod I grupe uzoraka. Naime, osnovna uloga ugljen-dioksida, kao gasa koji se koristi u tehnologiji pakovanja namirnica u MAP, je inhibicija rasta mikroorganizama, posebno bakterija izazivača kvara namirnica koje, svojom metaboličkom aktivnošću, dovode do nastanka azotnih isparljivih jedinjenja. Bakteriostatski efekat  $\text{CO}_2$  zavisi od njegove koncentracije i temperature skladištenja uzoraka, a mehanizmi delo-

vanja se zasnivaju na promeni permeabiliteta ćelijske membrane bakterija, inhibiciji enzima, promeni fizičko-hemijskih osobina proteina kao i promeni pH vrednosti bakterijskih ćelija [19]. Sedmog dana ispitivanja nije ustanovljena statistički značajna razlika ( $p > 0,05$ ) između vrednosti za TVB-N kod I i II grupe uzoraka pastrmke i odrezaka šarana, tj. uzoraka upakovanih u MAP. Ovi rezultati ukazuju da je ukupan broj bakterija u mesu ribe sedmog dana ispitivanja bio nizak, tako da je smeša gasova sa manjim udelom ugljen-dioksida ( $40\% \text{CO}_2 + 60\% \text{N}_2$ ) uspešno inhibirala rast mikroorganizama, što je imalo za posledicu manju vrednost TVB-N. U toku daljeg skladištenja došlo je do povećanja broja mikroorganizama, tako da je za inhibiciju njihove aktivnosti bila potrebna veća koncentracija ugljen-dioksida, što potvrđuje statistički značajna razlika ( $p < 0,001$ ) između vrednosti TVB-N u uzorcima pastrmke i odrezaka šarana iz I i II grupe četrnaestog dana ispitivanja.

Ispitivanja koja su sproveli Masnijom i sar. [20], takođe ukazuju na bakteriostatski efekat ugljen-dioksida i, posledično, smanjenje vrednosti TVB-N. Ovi autori su ustanovili sporiji rast vrednosti TVB-N u odrescima brancina koji su bili upakovani u modifikovanu atmosferu koja se sastojala od  $80\% \text{CO}_2 + 20\% \text{N}_2$ , i  $100\% \text{CO}_2$  u odnosu na kontrolnu grupu, kod koje se u pakovanju umesto modifikovane atmosfere nalazio vazduh. U kontrolnoj grupi, vrednost za TVB-N je devetog dana eksperimenta dostigla  $23$  mg N/100 g, dok je u uzorcima pakovanim u  $100\% \text{CO}_2$  dvadeset prvog dana ispitivanja iznosila  $20$  mg N/100 g. Gimenez i sar. [1] su, ispitujući uticaj nekoliko različitih smeša gasova ( $10\% \text{O}_2 + 50\% \text{CO}_2 + 40\% \text{N}_2$ ;  $10\% \text{O}_2 + 50\% \text{CO}_2 + 40\% \text{Ar}$ ;  $20\% \text{O}_2 + 50\% \text{CO}_2 + 30\% \text{N}_2$ ;  $20\% \text{O}_2 + 50\% \text{CO}_2 + 30\% \text{Ar}$ ;  $30\% \text{O}_2 + 50\% \text{CO}_2 + 20\% \text{N}_2$ ;  $30\% \text{O}_2 + 50\% \text{CO}_2 + 20\% \text{Ar}$ ) na parametre održivosti fileta pastrmke skladištenih na  $+1^\circ \text{C}$ , ustanovili, između ostalog, da je ovaj vid pakovanja veoma efikasan u sprečavanju stvaranja TVB-N, bez obzira na smešu gasova koja se koristi. U literaturi ne postoji određen limit za vrednost TVB-N u mesu pastrmke, a navedeni autori uzimaju kao kritičnu vrednost  $25$  mg N/100 g. U našim istraživanjima vrednosti TVB-N u uzorcima pastrmke upakovane u MAP-u (I i II grupa) su bile ispod navedenog limita prihvatljivosti u toku celog perioda čuvanja, dok je u uzorcima pastrmke upakovane u vakuumu (III grupa) četrnaestog dana ispitivanja vrednost TVB-N iznosila  $36,18 \pm 2,65$  mg N/100 g, tj. bila je znatno iznad limita koji ovi autori preporučuju za pastrmku.

Uticaj inhibitornog efekta ugljen-dioksida na sadržaj TVB-N u odrescima šarana ispitali su Milijašević i sar. [21], koji su dokazali najmanju vrednost za TVB-N u odrescima šarana upakovanim u modifikovanu atmosferu koju je sačinjavao  $100\% \text{CO}_2$ . Ježek i Buhtova [17] su, u svojim istraživanjima, takođe, ustanovili manju vrednost TVB-N u filetima šarana upakovanim u MAP

(69% N<sub>2</sub> + 25% CO<sub>2</sub> + 5% O<sub>2</sub> + 1% CO) u odnosu na grupu uzoraka koja je čuvana u uslovima frižidera na temperaturi od +2 °C. Ovi autori, kao gornji limit prihvatljivosti za TVB-N u mesu šarana preporučuju 20 mg N/100 g. U našim ispitivanjima, vrednost za TVB-N je u odrescima šarana upakovanim u modifikovanu atmosferu (I i II grupa) dostigla limit koji su ovi autori preporučili četrnaestog dana ispitivanja, dok je kod uzoraka upakovanih u vakuumu (III grupa) ta vrednost dostignuta sedmog dana ispitivanja.

### pH vrednost

Rezultati ispitivanja prosečnih pH vrednosti u uzorcima pastrmke upakovanih u modifikovanu atmosferu i vakuumu prikazani su na slici 3.

U našim istraživanjima, prvog dana ispitivanja, prosečna pH vrednost u uzorcima pastrmke iz I (6,38±0,07), II (6,40±0,04) i III grupe (6,39±0,09) se nije statistički značajno razlikovala ( $p > 0,05$ ). Sedmog dana ispitivanja ustanovljena je statistički značajna razlika ( $p < 0,001$ ) između prosečnih pH vrednosti uzoraka iz I (6,27±0,08) i II grupe (6,31±0,04) i prosečne pH vrednosti uzoraka pastrmke iz III grupe (6,48±0,05). Između prosečnih pH vrednosti uzoraka iz I i II grupe statistički značajna razlika je bila na nivou  $p < 0,01$ . Četrnaestog dana ispitivanja, razlika između prosečnih pH vrednosti uzoraka iz I (6,15±0,09), II (6,29±0,05) i III grupe (6,62±0,08) bila je na nivou statističke značajnosti od  $p < 0,001$ . U I grupi uzoraka pastrmke pad pH vrednost je bio statistički značajan ( $p < 0,01$ ) u toku celog eksperimenta. Ustanovljena pH vrednost u II grupi uzoraka je statistički značajno bila manja ( $p < 0,001$ ) sedmog dana ispitivanja u odnosu na pH vrednost prvog dana ispitivanja. Prosečna pH vrednost uzoraka iz II grupe se nije statistički značajno menjala ( $p > 0,05$ ) od sedmog do četrnaestog dana ispitivanja. Porast pH vrednosti u III grupi uzoraka pastrmke bio je statistički značajan ( $p < 0,001$ ) u toku celog eksperimenta.

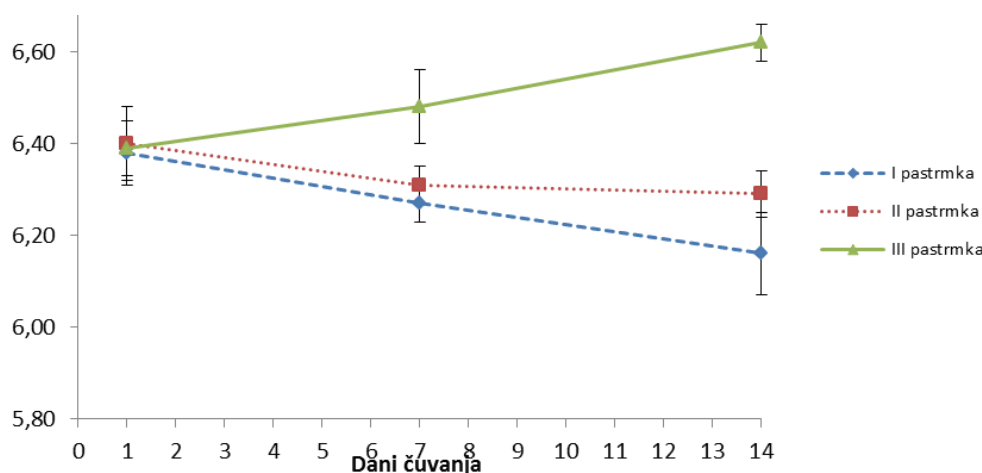
Rezultati ispitivanja prosečnih pH vrednosti u uzorcima odrezaka šarana upakovanih u modifikovanu atmosferu i vakuum prikazani su na slici 4.

U uzorcima šarana sve tri grupe prosečne pH vrednosti prvog dana ispitivanja nisu se statistički značajno razlikovale (6,50±0,02; 6,51±0,01 i 6,52±0,09), ( $p > 0,05$ ). Sedmog dana ispitivanja pH vrednost uzoraka iz I (6,48±0,08) i II grupe (6,52±0,04) bila je statistički značajno manja ( $p < 0,05$ ) u odnosu na pH vrednost uzoraka iz III grupe (6,62±0,03). Između prosečnih pH vrednosti uzoraka iz I i II grupe nije ustanovljena statistički značajna razlika ( $p > 0,05$ ). U uzorcima I grupe, četrnaestog dana ispitivanja, prosečna pH vrednost (5,94±1,11) bila je statistički značajno manja ( $p < 0,001$ ) od prosečnih pH vrednosti uzoraka iz II i III grupe (6,24±0,07; 6,49±0,17). Razlika između prosečnih pH vrednosti uzoraka iz II i III grupe bila je na nivou statističke značajnosti od  $p < 0,05$ .

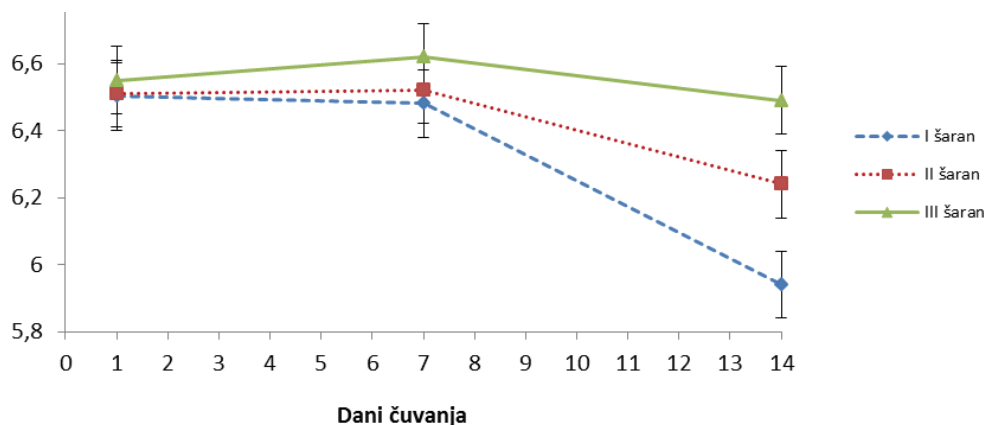
U I i II grupi uzoraka odrezaka šarana nije došlo do statistički značajnih promena pH vrednosti ( $p > 0,05$ ) do sedmog dana ispitivanja. Međutim, nakon sedmog dana ispitivanja, u uzorcima upakovanim u MAP-u ustanovljen je pad pH vrednosti na nivou statističke značajnosti od  $p < 0,001$ , za I grupu i od  $p < 0,01$ , za II grupu. U uzorcima odrezaka šarana upakovanim u vakuum, sedmog dana ispitivanja ustanovljen je rast pH vrednosti ( $p < 0,05$ ). Prosečna pH vrednost uzoraka iz III grupe nije se statistički značajno menjala ( $p > 0,05$ ) od sedmog do četrnaestog dana ispitivanja.

Postmortalna vrednost pH mišićnog tkiva ribe varira između 6,0 i 7,1, u zavisnosti od godišnjeg doba, vrste ribe i drugih faktora [22]. Usled nakupljanja mlečne kiseline nastale u fazi glikolize pod anaerobnim uslovima, postmortalna pH vrednost ribe opada, a stepen njenog smanjenja utiče na kvalitet mesa ribe [23].

Na slikama 3 i 4 može da se uoči da je najniža pH vrednost ustanovljena u uzorcima pastrmke i odrezaka šarana koji su upakovani u modifikovanu atmosferu sa 60% CO<sub>2</sub> + 40% N<sub>2</sub> (I grupa). Ježek i Buhtova [24],



Slika 3. pH vrednosti u uzorcima pastrmke upakovanih u modifikovanu atmosferu i vakuumu ( $\bar{X} \pm Sd$ ).  
Figure 3. pH values in trout samples packaged in modified atmosphere and vacuum ( $\bar{X} \pm Sd$ ).



Slika 4. pH vrednosti u uzorcima odrezaka šarana upakovanih u modifikovanu atmosferu i vakuumu ( $\bar{X} \pm Sd$ ).  
Figure 4. pH values in carp cuts packaged in modified atmosphere and vacuum ( $\bar{X} \pm Sd$ ).

takođe, konstatuju pad pH vrednosti u filetima šarana upakovanim u smešu gasova koja se sastojala od 80% O<sub>2</sub> i 20% CO<sub>2</sub>. Prvog dana ispitivanja, pH vrednost iznosila je 6,46±0,22 da bi nakon petnaestog dana skladištenja na temperaturi od 2 °C iznosila 6,17±0,10. Studija sprovedena na odrescima šarana [21] pokazala je da je pad pH vrednosti bio najizraženiji u grupi uzoraka upakovanih u atmosferu sa 100% CO<sub>2</sub>. Znatno nižu pH vrednost u uzorcima ribe upakovane u modifikovanu atmosferu sa većim procentom CO<sub>2</sub> ustanovili su i drugi autori [20,25,26] i objašnjavaju je povećanim rastvaranjem CO<sub>2</sub> u mesu ribe i posledičnim stvaranjem ugljene kiseline. Međutim, Stenstrom [27] je dokazao da na pad pH vrednosti mesa ribe, takođe, mogu uticati i kiseli proizvodi metabolizma različitih vrsta bakterija. Porast pH vrednosti u III grupi uzoraka pastrmke i odrezaka šarana upakovanih u vakuumu u našim ispitivanjima može biti posledica nakupljanja veće količine baznih proizvoda koji nastaju aktivnošću bakterija uzročnika kvara mesa [28].

## ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se u pogledu odabranih hemijskih parametara kao što su TVB-N i pH kao najpodesnija smeša za pakovanje sveže pastrmke i odrezaka šarana pokazala smeša gasova sa 60% CO<sub>2</sub> i 40% N<sub>2</sub>.

## Zahvalnica

Ova istraživanja su sprovedena u okviru realizacije projekata TR 31011 i TR 31075 koje, u okviru Programa istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011-2014. godine, finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] B. Gimenez, P. Roncales, J.A. Beltran, Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout, *J. Sci. Food Agric.* **82** (2002) 1154–1159.
- [2] S. Popov, Biotehnologija-izazov za prehrambenu industriju, *Hem. Ind.* **61**(5) (2007) 246–250.
- [3] S. Kocić-Tanackov, G.Dimić, I.Tanackov, D. Pejin, Lj. Mojović, J.Pejin, Antifungal activity of *Oregano (Origanum vulgare L.)* extract on the growth of *Fusarium* and *Penicilium* species isolated from food, *Hem. Ind.* **66**(1) (2012) 33–41.
- [4] M. Milijašević, B. Velebit, L. Turubatović, J. Jovanović, J. Babić, Uticaj različitih smeša gasova na održivost svežeg junećeg mesa, *Tehnologija mesa* **49**(5-6) (2008) 161–164.
- [5] L. Martinez, D. Djenane, I. Cilla, J.A. Beltran, P. Roncales, Effect of varying oxygen concentrations on the shelf life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere, *Food Chem.* **94** (2006) 219–225.
- [6] M. Sivertsvik, W.K. Jeksrud, J.T. Rosnes, A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products – significance of microbial growth, activities and safety, *Int. J. Food Sci. Tech.* **37** (2002) 107–127.
- [7] A.L. Brody, „Nano, Nano“ Food Packaging Technology, *J. Food Technol.* **12** (2003) 52–54.
- [8] N. Bøknæs, C. Österberg, J. Nielsen, P. Dalgaard, Influence of freshness and frozen storage temperature on quality of thawed cod fillets stored in modified atmosphere packaging, *Lebensm. Wiss. Technol.* **33** (2000) 244–248.
- [9] A.E. Goulas, M.G. Kontominas, Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scorpaenopsis japonicus*): biochemical and sensory attributes, *Eur. Food Res. Technol.* **224** (2007) 545–553.
- [10] J. Debevere, G. Boskou, Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA producing microflora of cod fillets, *Int. J. Food Microbiol.* **31** (1996) 221–229.
- [11] C. Ruiz-Capillas, A. Moral, Sensory and biochemical aspects of quality of whole bigeye tuna (*Thunnus ob-*

- sus) during bulk storage in controlled atmospheres, *Food Chem.* **89**(3) (2005) 347–354.
- [12] H.H. Huss, Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical Paper* 348, FAO, 1995.
- [13] L. Gram, H.H. Huss, Microbiological spoilage of fish and fish products, *Int. J. Food Microbiol.* **33** (1996) 121–137.
- [14] SRPS ISO 2917, 2004, Određivanje pH vrednosti.
- [15] Commission regulation (EC) 2074/2005 of 5 December 2005 laying down implementing measures for certain products under Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council and for the organisation of official controls under Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliament and of the Council and Regulation (EC) No 882/2004 of the European Parliament and of the Council, derogating from Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the Council and amending Regulations (EC) No 853/2004 and (EC) No 854/2004.
- [16] Ş. Arashisar, O. Hisar, M. Kaya, T. Yanik, Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets, *Int. J. Food Microbiol.* **97** (2004) 209–214.
- [17] F. Ježek, H. Buchtová, Shelf-life of chilled muscle of common carp (*Cyprinus carpio* L.) packaged in carbon monoxide enriched modified atmosphere, *Acta Vet. Brno* **79** (2010) 117–125.
- [18] J.J. Connell, Methods of assessing and selecting for quality. In: Connell JJ (ed.) *Control of fish quality*. Fishing News Books, Oxford, 1990, pp. 122–150.
- [19] J.M. Farber, Microbiological aspects of modified-atmosphere packing technology – a review, *J. Food Sci.* **9** (1991) 58–70.
- [20] P. Masniyom, S. Benjakul, W. Visessanguan, Shelf-life extension of refrigerated seabass slices under modified atmosphere packaging, *J. Sci. Food Agric.* **82** (2002) 873–880.
- [21] M. Milijašević, J. Babić, M.Ž. Baltić, A. Spirić, B. Velebit, B. Borović, D. Spirić, Uticaj različitih smeša gasova na promene nekih mikrobioloških i hemijskih parametara u odrescima šarana (*Cyprinus carpio*) upakovanih u modifikovanu atmosferu, *Tehnologija mesa* **51**(1) (2010) 66–70.
- [22] S. Simeonidou, K. Govaris, K. Varelziz, Quality assessment of seven Mediterranean fish species during storage on ice, *Food Res. Int.* **30**(7) (1998) 479–484.
- [23] I.N.A. Ashie, J.P. Smith, B.K. Simpson, Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish, *Crit. Rev. Food Sci.* **36**(1&2) (1996) 87–121.
- [24] F. Ježek, H. Buchtová, Physical and chemical changes in fresh chilled muscle tissue of common carp (*Cyprinus carpio* L.) packed in a modified atmosphere, *Acta Vet. Brno* **76** (2007) 83–92.
- [25] L. Provincial, M. Gil, E. Guillen, V. Alonso, P. Roncales, J.A. Beltran, Effect of modified atmosphere packaging using different CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> combinations on physical, chemical, microbiological and sensory changes of fresh sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets, *Int. J. Food Sci. Tech.* **45** (2010) 1828–1836.
- [26] N. Stamatis, J.S. Arkoudelos, Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on microbial, chemical and sensory quality indicators of fresh, filleted *Sardina pilchardus* at 3 °C, *J. Sci. Food Agric.* **87** (2007) 1164–1171.
- [27] I.J. Stenstrom, Microbial flora of cod fillets (*Gadus morhua*) stored at 2 °C in different mixtures of carbon dioxide and nitrogen/oxygen, *J. Food Protect.* **48** (1985) 585–589.
- [28] C. Riu-Capillas and A. Moral, Residual effect of CO<sub>2</sub> on hake (*Merluccius merluccius* L) stored in modified and controlled atmospheres, *Eur. Food Res. Technol.* **212** (2001) 413–420.

## SUMMARY

### EFFECT OF MODIFIED ATMOSPHERIC CONDITIONS AND VACUUM PACKAGING ON SELECTED CHEMICAL PARAMETERS THAT DEFINE FRESHNESS OF RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) AND CARP (*Cyprinus carpio*)

Jelena A. Babić<sup>1</sup>, Mirjana R. Dimitrijević<sup>2</sup>, Milan P. Milijašević<sup>1</sup>, Vesna Ž. Đorđević<sup>1</sup>, Radivoj B. Petronijević<sup>1</sup>, Slaven M. Grbić<sup>3</sup>, Aurelija T. Spirić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Meat Hygiene and Technology, Belgrade, Serbia*

<sup>2</sup>*University of Belgrade, Faculty of Veterinary Medicine, Belgrade, Serbia*

<sup>3</sup>*Slaven d.o.o., Banja Luka, Bosnia i Hercegovina*

(Scientific paper)

The purpose of food packing in modified atmospheric conditions is to extend its sustainability by preventing both biochemical processes and growth of spoilage bacteria. Gases or their mixtures which are mostly used in the modified atmosphere food packing technology are carbon-dioxide (CO<sub>2</sub>), oxygen (O<sub>2</sub>) and nitrogen (N<sub>2</sub>). The aim of our research was to examine the influence of packaging in modified atmosphere and vacuum on the total volatile basic nitrogen (TVB-N) content and pH in muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*), as well as to determine the most suitable gas mixtures for packing of these freshwater species. Three sample groups of trout and carp cuts were investigated. The first two groups were packaged in modified atmosphere with different gas ratios: 60%CO<sub>2</sub>+40%N<sub>2</sub> (I group) and 40%CO<sub>2</sub>+60%N<sub>2</sub> (II group), whereas the samples from third, control group, (III group) were vacuum packaged. During trials, samples were stored in refrigerator at +3°C. Determination of TVB-N and pH was performed on 1<sup>st</sup>, 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> day of storage. The obtained results indicate that all investigated mixtures of gases as well as vacuum had a significant influence on the values of TVB-N in trout and carp cut samples. The lowest increase in TVB-N was established in trout and carp cut samples from the group I, whereas the highest increase was established in samples from group III. Statistical significant difference ( $p < 0,001$ ) between the average values of TVB-N for trout (I group: 18.17±0.93; II group: 20.90±0.81 and III group: 36.18±2.65 mg N/100 g) and carp cuts (I group: 26.74±1.48; II group: 30.02±0.31 and III group: 35.10±1.75 mg N/100 g) was established on the 14<sup>th</sup> day. The lowest pH value was measured in samples packaged in modified atmosphere with 60% CO<sub>2</sub>+40% N<sub>2</sub> (I group). On the 14<sup>th</sup> day of testing obtained value was 6,15 ± 0,09 for trout and 5.94±1.11 for carp samples. Increase in pH value in trout samples packed in vacuum was established during the whole period of investigation ( $p < 0,001$ ), while in carp cut samples packaged in vacuum the increase in pH value ( $p < 0,05$ ) was established up to 7<sup>th</sup> day of testing. Based on the obtained results it can be concluded that gas mixture consisting of 60% CO<sub>2</sub> and 40% N<sub>2</sub> was the most suitable for packaging of fresh trout and carp cuts in terms of selected chemical parameters, such as TVB-N and pH.

**Keywords:** Modified atmosphere • Trout • Carp • Freshness • Total volatile base nitrogen • pH