

PREHRAMBENA VRIJEDNOST KALIFORNIJSKE PASTRVE (*Oncorhynchus mykiss*) UZGOJENE U JADRANSKOM MORU

Tibor Janči¹, Danijel Kanski², Marina Dulić³, Nives Marušić¹, Helga Medić¹,
Tomislav Petrak¹, Sanja Vidaček*¹

¹ Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska / Faculty of Food Technology and Biotechnology, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia

² Dalmar doo, Obala kralja Petra Krešimira IV, 64, 23 211 Pakoštane, Hrvatska / Dalmar doo, Obala kralja Petra Krešimira IV, 64, 23 211 Pakoštane, Croatia

³ Lavanda Mia d.o.o., Ilica 51, 10 000 Zagreb, Hrvatska / Lavanda Mia d.o.o., Ilica 51, 10 000 Zagreb, Croatia

* Corresponding Author, E-mail: svidacek@pbf.hr

STATUS ČLANKA / ARTICLE INFO

Primljeno/Received: 15 February 2013
Korigirano/Received in revised form:
1 May 2013
Prihvaćeno/Accepted: 22 May 2013
Dostupno na internetskoj mreži/Available
online: 25 May 2013

Ključne riječi:

Prehrambena vrijednost
Omega-3
Pastrva uzgojena u moru
Hladno dimljena riba

SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je određivanje kemijskog sastava fileta svježe i hladno dimljene kalifornijske pastrve (*Oncorhynchus mykiss*) uzgojene u Jadranskom moru mjerenjem udjela vode, masti, proteina, soli, pepela, sastava masnih kiselina s naglaskom na eikozapentaensku (EPA) i dokozaheksaensku (DHA) masnu kiselinu te fizikalnih karakteristika mjerenjem pH i određivanjem boje. Analize su izvršene na homogeniziranom mišićju nakon odvajanja kože i kostiju. Određivanje udjela vode, pepela, ukupne količine masti i proteina izvršeno je prema referentnim metodama AOAC (1995). Za određivanje sastava masnih kiselina pripremljeni su metilni esteri prema metodi HRN EN ISO 5509 (2004) te su analizirani plinskom kromatografijom prema metodi HRN EN ISO 5508 (1999). Rezultati su pokazali da je istražena svježa pastrva uzgojena u moru odličan izvor proteina (21,21%) te da ima nešto niže vrijednosti udjela masti (5,21%) i omega-3 masnih kiselina (12,52%) od rezultata drugih istraživanja. Proces hladnog dimljenja ne uzrokuje gubitke na udjelu masti i omega-3 masnih kiselina. Fileti svježe i dimljene kalifornijske pastrve uzgojene u Jadranskom moru mogu se smatrati namirnicama visoke prehrambene vrijednosti.

UVOD

U posljednjih nekoliko godina porastao je interes za konzumaciju ribe, uvelike zbog činjenice da konzumacija ribe pogoduje zdravlju. Riba se tradicionalno preporučuje u prehrani kao značajan izvor visokovrijednih bjelanjčevina i masti, minerala i vitamina, osobito onih topivih u mastima. Blagodati ribe za zdravlje povezuje se i s visokim sadržajem dugolančanih polinezasićenih omega-3 masnih kiselina (polyunsaturated fatty acids - PUFA), posebice eikozapentaenske (eicosapentaenoic acid - EPA) i dokozaheksaenske (docosaheptaenoic acid - DHA).

Dokazano je da su omega-3 masne kiseline bitne za neurorazvoj djece, *in utero* te tijekom prvih nekoliko godina života, a imaju i koristan učinak kod koronarne bolesti srca, hipertenzije, upala, aritmija, psorijaze, agresije, depresije i raka (AHA, 2011).

Kako je svjetski trend povećanje potrošnje uzgojene ribe u odnosu na ulovljenu (FAO, 2012), brojna istraživanja se baziraju na ispitivanju utjecaja uzgoja na prinos i zdravlje riba, njihov kemijski sastav i okoliš. Uzgoj pastrve u moru pokazao se povoljnim s obzirom na dobar prirast ove vrste pri višem salinitetu okruženja (Austreng i sur., 1987). Osim povoljnog utjecaja na prirast, salinitet utječe i na

probavljivost hrane (Usher i sur., 1990; Storebakken i sur., 1998), metabolizam ugljikohidrata (Soengas i sur., 1993) te sastav masnih kiselina, posebno odnos omega-3 prema omega-6 masnim kiselinama za koji je utvrđeno da je puno niži kod riba uzgojenih u slatkoj vodi s obzirom na morsku (Steffens, 1997).

Znanstveno dokazana na brojnim vrstama riba, pozitivna korelacija između omega-3 masnih kiselina u ribljoj hrani i njezina sadržaja u ribljem mesu, omogućuje uzgajivačima riba da ciljanom tehnologijom uzgoja određenih vrsta proizvode vrlo kvalitetno meso s visokim sadržajem omega-3 masnih kiselina (Brown i sur., 2010; Miller i sur., 2007; Turchini i sur., 2003). Sadržaj lipida ribljeg mesa u velikoj mjeri ovisi o sastavu masnih kiselina u hrani riba, a kod uzgojene ribe se može prilagoditi podešavanjem prehrambenog unosa. Kako riba iz uzgoja općenito ima veće ukupne razine lipida od divlje ribe, 100 g fileta uzgojene ribe može biti bolji izvor omega-3 PUFA (osobito EPA i DHA) od 100 g divlje ribe.

Omega-3 masne kiseline su podložne oksidaciji tijekom pohrane ribe na ledu, zamrzavanja, toplinske obrade i prerade (Chaijan i sur., 2006; Guillén i Ruiz, 2004; Moradi i sur., 2011; Panpipat i Yongsawatdigul, 2008; Saldanha i Bragagnolo, 2008). Prooksidansi su prisutni u samoj ribi, kao npr. željezo, no značajniji utjecaj na brzinu oksidacije masti imaju oni vanjski, kao što su prisustvo zraka, sol, povišena temperatura. Kako su sol i povišena temperatura glavni antimikrobni čimbenici kod prerade većine riba (konzerviranje), tako se i udio omega-3 masnih kiselina smanjuje tijekom ovih postupaka prerade.

U Republici Hrvatskoj riba se najčešće prodaje svježa i zamrznuta te prerađena u sterilizirane i soljene proizvode, konzervira se i soli, no na hrvatskom tržištu prisutni su i marinirani te dimljeni proizvodi. U svijetu je dimljenje vrlo rasprostranjena metoda konzerviranja ribe koja omogućuje dobivanje proizvoda zanimljivih tržištu. Potrošačima su dimljeni proizvodi zanimljivi prvenstveno zbog karakteristične arome (Fuentes i sur., 2010) i svojstvene boje (Torrissen i sur., 2000).

Cilj ovog rada je određivanje fizikalno i kemijskih svojstava fileta svježe i hladno dimljene pastrve kao i sastava masnih kiselina, s naglaskom na eikozapentaensku (EPA) i dokozaheksaensku kiselinu (DHA) za procjenu prehrambene vrijednosti pastrve uzgojene u Jadranskom moru.

MATERIJAL I METODE RADA

U ovom istraživanju korišteni su fileti kalifornijske pastrve (*Oncorhynchus mykiss*) uzgojene u Velebitskom kanalu na uzgajalištu tvrtke „Jadran riba d.o.o.“ te izlovljene u svibnju i lipnju 2011. u

starosti od dvije godine. Tijekom uzgoja riba je hranjena ekstrudiranom ribljom hranom proizvođača „Skretting“ sa dvije linije hrane. U prvoj godini uzgoja u moru korištena je hrana „Royal Optima“ granulacije 3 mm i 4,5 mm sa omjerom proteina i masti od 45:27% i 43:30% i bez dodanih pigmenta. U posljednjih 6 mjeseci korištena je hrana „Focus Salmo“ granulacije 6mm, omjerom proteina i masti 40:24% s dodanim pigmentima. Pastrve su nakon izlova poleđene te su prenesene na Prehrambeno-biotehnološki fakultet u Zagrebu. Pojedinačna masa riba iznosila je $1,3 \pm 0,12$ kg. Nakon 24 sata skladištenja u hladnjaku na temperaturi + 7 °C, uzorci riba su eviscerirani, filetirani te su fileti izvagani na laboratorijskoj vagi KB 2000-2N (Kern & Sohn GmbH). Masa fileta s kožom i kožom iznosila je $450 \pm 25,0$ g. Završna faza pripreme uzoraka obuhvaćala je odstranjivanje kože i kostiju, homogenizaciju očišćenog mesa te uzimanje uzoraka odgovarajuće mase za daljnje analize.

Dimljenje fileta provedeno je prema internoj recepturi „BEK-pušnice d.o.o.“. Nakon prijema u pogon, ručnog filetiranja i pranja, fileti s kožom su se salamurili u otopini krupne i sitne soli te šećera. Salamurenje je trajalo 12-24 sata, ovisno o veličini ribe. Nakon salamurenja, fileti su dimljeni hladnim dimom (do 32 °C) dobivenim iz drveta bukovine i borovnice (80%/20%). Trajanje procesa dimljenja trajalo je minimalno 3 dana, ovisno o veličini fileta. Nakon završenog procesa dimljenja, pristupilo se završnoj obradi fileta, nakon čega su fileti pakirani u vakumu.

Za analize su korišteni uzorci homogeniziranog mišićja nakon odvajanja kože i kostiju. Za istraživanje korišteni su uzorci svježih riba te uzorci vakumiranih dimljenih fileta. Istraživanje je provedeno na osam primjeraka iz svake kategorije, na 2 do 4 paralelna uzorka, ovisno o metodi.

Određivanje udjela vode, pepela, ukupne količine masti i proteina izvršeno je prema referentnim metodama AOAC (1995).

Mast dobivena ekstrakcijom korištena je za određivanje sastava masnih kiselina. Esterski vezane masne kiseline prevedene su u metilne estere masnih kiselina koji su pogodni za analizu plinskom kromatografijom (HRN EN ISO 5509, 2004).

Sastav masnih kiselina određivan je metodom plinske kromatografije (HRN EN ISO 5508, 1999) uređajem CP-3800 (Varian, Palo Alto, CA, SAD). Za injektiranje je korišten TriPlus autosampler (Thermo Scientific, Augustin, TX, SAD). Temperatura injektora s mogućnošću djelomičnog unošenja uzorka je bila 250 °C a volumen injektiranja 1 µL uz omjer razdjeljenja 1:30. Uzorci su analizirani na kapilarnoj koloni DB-23 duljine 60 m, unutrašnjeg promjera kapilare 0,25 mm i debljine sloja selektivne tekućine 0,25 µm (Agilent, Walnut Creek, CA, SAD), a tem-

peraturni program kolone je bio: početna temperatura kolone 60°C, brzina porasta temperature 7°C / min do konačne temperature kolone 220°C koja je zadržana 15 min. Plin nosioc je bio helij uz protok od 1,5 mL/min. Temperatura plameno-ionizacijskog detektora je bila 260°C. Za obradu podataka korišten je računalni program Star GC Workstation Ver. 6.4 (Varian, Palo Alto, CA, SAD). Vrijednosti udjela pojedinih masnih kiselina prikazani su kao % od ukupnih masnih kiselina.

Vrijednost pH mjerena je izravnim ubodom u mišić digitalnim pH-metrom (704 pH Meter, Metrohm, Švicarska) uz ubodnu staklenu elektrodu 6.0236.100, istog proizvođača.

Za utvrđivanje boje korišten je spektrofotometar CM-700d/600d (Konica Minolta). Mjereni parametri boje bili su L^* (svjetloća), a^* (crveno-zeleni spektar, stupanj crvenila mesa) i b^* (žuto-plavi spektar, stupanj žute boje mesa) prema CIELAB modelu (CIE, 1976).

Udio natrijevog klorida utvrđen je titracijskom metodom po Mohru (AOAC, 1995).

Statistička analiza (jednostruka ANOVA) provedena je u programu SPSS (SPSS Statistics 17.0).

REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati analize kemijskog sastava fileta pastrve prikazani su u tablici 1. Udio masti fileta svježe pastrve iznosio je 5,21 %, što je niže od udjela masti koji su dobili drugi autori na pastrvama uzgojenima u morima sjeverne Europe. Kennedy i sur. (2007) istraživali su pastrvu uzgojenu u Sjevernom moru prosječne mase oko 450 g hranjenu standardnom smjesom, a udio masti fileta iznosio je 7,2%. Udio masti fileta pastrve s kožom mase 650 g, uzgojene u Norveškom moru iznosio je 12,2 % (Krogdahl i sur., 2004). Udio proteina fileta u ovom istraživanju je visok (21,2%) s obzirom na istraživanje Krogdahl i sur. (2004) gdje je udio proteina iznosio 17,1%, no kako je u navedenom radu analizirano mišićje sa kožom, udio proteina je niži nego što bi bio da su analize provedene samo na mišićju. Udio vode iznosio je 71,9 %, što je nešto niže od rezultata Vidaček i sur. (2011) dobivenih analizom fileta svježe kalifornijske pastrve uzgojene u slatkoj vodi gdje je srednja vrijednost iznosila 78,0%.

Rezultati izmjera pH vrijednosti u filetima svježe pastrve slični su rezultatima koje su dobili Vidaček i sur. (2011). Dobivena pH vrijednost iznosila je 6,43 dok je u navedenom radu iznosila 6,25. Mjereni parametri boje pokazali su da je meso kalifornijske pastrve uzgojene u moru slične boje kao uzgojeni losos što je rezultat hranidbe, tj. odlaganja karotenoidnih pigmenata unesenih hranom u mi-

šićju (Rørå i sur., 1998). L^* u ovom radu iznosio je $37,10 \pm 3,04$; a^* $13,05 \pm 2,37$ i b^* $14,62 \pm 2,78$. Rørå i sur. (2005) ispitivali su stupanj gubitka boje kod lososa pri različitim temperaturama dimljenja te su zaključili da nema promjene u boji kod hladnog dimljenja, a iznosi za L^* , a^* i b^* iznosili su redom 43,0; 8,3 i 16,6. Usporedbom ovih podataka, može se zaključiti da fileti ribe ispitani u ovom radu imaju jaču crvenu boju od boje lososa u radu Rørå i sur. (2005).

Tablica 1. Srednje vrijednosti (\bar{x}) i standardne devijacije (sd) kemijskih i fizikalnih parametara svježe i hladno dimljene pastrve uzgojene u moru n=16

Table 1. Average values (\bar{x}) and standard deviations (sd) of physical and chemical parameters of fresh and cold-smoked sea-farmed trout n=16

Fizikalno-kemijski parametar / Physico-chemical parameter	Svježa riba / Fresh fish $\bar{x} \pm sd$	Dimljena riba / Smoked fish $\bar{x} \pm sd$
Voda / Water (%)	71,86 \pm 0,88 ^a	65,54 \pm 1,93 ^b
Mast / Fat (%)	5,21 \pm 1,25 ^a	4,95 \pm 2,62 ^a
Proteini / Protein (%)	21,21 \pm 0,63 ^a	24,23 \pm 0,26 ^b
Pepeo / Ash (%)	1,31 \pm 0,15 ^a	4,10 \pm 0,59 ^b
NaCl (%)	-	3,17 \pm 0,88
L *	37,10 \pm 3,04	-
a *	13,05 \pm 2,37	-
b *	14,62 \pm 2,78	-
pH	6,43 \pm 0,00	-

Različita slova (a, b) pokazuju statističku razliku između svježih i dimljenih uzoraka (p<0,05)

Different letters (a, b) show statistical difference between fresh and smoked samples (p<0.05)

Kemijski sastav hladno dimljenih proizvoda ovisi o sastavu sirovine i parametrima hladnog dimljenja. Hladno dimljeni riblji proizvodi obično sadrže udio natrijevog klorida 2,5-4,5% i vode 65-70% (Espe i sur., 2004; Karásková i sur., 2011; Rørå i sur., 2005). Prema rezultatima određivanja kemijskog sastava dimljene pastrve u ovom radu prikazanih u tablici 1, udio vode (65,54%) i natrijevog klorida (3,17%) odgovaraju parametrima hladnog dimljenja. Identičan podatak za sadržaj natrijevog klorida u hladno dimljenom lososu dobili su i Rørå i sur. (2005).

Sniženje vode uslijed procesa sušenja uzrokuje proporcionalno povišenje suhe tvari. Rezultati su pokazali povišene udjele proteina i pepela dimljenih uzoraka s obzirom na svježe, no udio masti nije se statistički značajno promijenio nakon dimljenja. Espe i sur. (2002) istražujući atlantskog lososa također su utvrdili da kemijski sastav dimljenih fileta općenito reflektira vrijednosti u svježem filetu, me-

đutim sadržaj masti se nije značajno promijenio nakon dimljenja niti u navedenom radu.

Rezultati sastava masnih kiselina prikazani su u tablici 2. Najzastupljenije predstavnice SFA i MUFA su identične, no najzastupljenija PUFA kod drugih autora je DHA, čiji je udio u ukupnoj masti oko 2,5 puta viši nego u ovom radu i iznosi 16,5% (Haliloğlu i sur., 2004), odnosno 17,3% (Kennedy i sur., 2007) kod svježe pastrve. Razlog za tako niske vrijednosti za DHA u ovom istraživanju mogle bi se djelomično pripisati visokom salinitetu Jadranskog mora. Naime, Haliloğlu i sur. (2004) istraživali su sastav masti kod pastrve uzgojene u slatkoj vodi i Crnom moru, a hranjene identično. Njihovi rezultati su pokazali da utjecaj saliniteta nema utjecaja na omjere SFA, MUFA i PUFA, ali da postoji značajan utjecaj na omjer EPA i DHA te da je kod pastrve uzgojene u Crnom moru (salinitet 17‰) došlo do smanjenja DHA za 33% s obzirom na onu slatkovodnu. Jadransko more je izrazito slano, 38 - 39‰ (Janeković i sur., 2006) što je moguće utjecalo na tako niske vrijednosti za DHA. No, salinitet ne može u potpunosti objasniti rezultate ovoga rada, jer su i vrijednosti za EPA niže od onih iz literature, a prema Haliloğlu i sur. (2004), salinitet povećava sadržaj EPA. U ovome radu sadržaj EPA je 3,19%, što je oko dva puta manje nego kod drugih autora za pastrvu uzgojenu u moru gdje su dobivene vrijednosti iznosile 6,2% (Haliloğlu i sur., 2004) odnosno 8,7% (Kennedy i sur., 2007).

Prema preporukama *American Heart Association* (AHA, 2011) unos EPA+DHA u prehrani ljudi trebao bi iznositi minimalno 500 mg/dan. Uzgojeni losos se smatra jednim od najboljih izvora EPA i DHA, te se vrijednosti ovih masnih kiselina obično kod lososa procjenjuju na oko 2000 mg u porciji od 180 g fileta, čime se dolazi do opće poznatih zdravstvenih preporuka za EPA i DHA u smislu prevencije kardiovaskularnih bolesti, prema kojima je potrebno konzumirati masnu ribu dva puta tjedno (AHA, 2011). U ovome radu, uz faktor konverzije 0,9 (Greenfield i Southgate, 2003), dobivene vrijednosti za EPA+DHA iznose oko 900 mg za porciju od 180 g, što je dvostruko manje od lososa.

Omjeri SFA, MUFA i PUFA kod svježih i dimljenih uzoraka prikazani su slikom 1 te ne odgovaraju omjerima u drugim istraživanjima. Prema podacima iz Haliloğlu i sur. (2004), sadržaj SFA iznosio je 27,4%; MUFA 34,3% te PUFA 20,9%, dok su rezultati u ovom radu 23,14%; 40,11% te 35,53%. Kod Kennedy i sur. (2007), sadržaj SFA iznosio je 30,0%; MUFA 30,1% te PUFA 39,9%.

Prema rezultatima sastava masnih kiselina kod dimljenih uzoraka, vidljivo je da nema velikih razlika u sadržaju masnih kiselina s obzirom na sve-

že uzorke (tablica 2). Statistička razlika ($p \leq 0,05$) postoji samo kod oleinske masne kiseline čiji je sadržaj niži kod dimljenih uzoraka, te kod linolne i DHA čiji je sadržaj viši kod dimljenih nego kod svježih uzoraka. Kod određivanja sastava masnih kiselina u takvom kompleksnom matriksu kao što je mišićno tkivo riba, prisutna je velika varijabilnost rezultata (Stołyhwo i sur., 2006) što je mogući razlog razlika u sadržaju ovih pojedinačnih masnih kiselina između svježih i dimljenih fileta. Omjeri SFA, MUFA i PUFA nisu značajno različiti kod dvije skupine uzoraka (slika 1). Povećani sadržaj DHA u dimljenom filetu pastrve u odnosu na svježe filete ribe djelomično odgovara rezultatima koje su dobili Espe i sur. (2002), a koji pokazuju da se sadržaj DHA (ali i EPA) povećao hladnim dimljenjem lososa.

Tablica 2. Sastav masnih kiselina svježe i hladno dimljene pastrve uzgojene u moru (% od ukupnih masnih kiselina \pm standardna devijacija) $n=16$

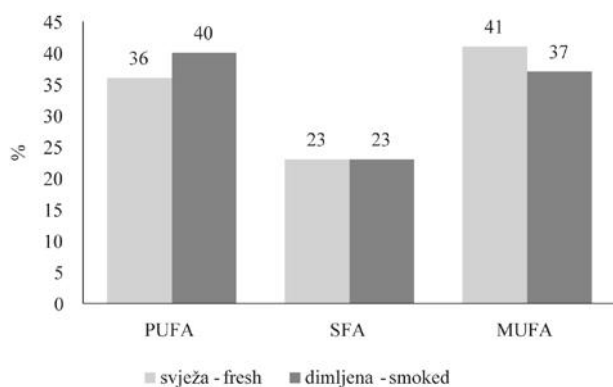
Table 2. Fatty acid content of fresh and cold-smoked sea-farmed trout (% of total fatty acids \pm standard deviation) $n=16$

Masna kiselina/ Fatty acid	Svježa riba/ Fresh fish (% \pm sd)	Dimljena riba/ Smoked fish (% \pm sd)
C14:0	2,73 \pm 0,18 ^a	2,97 \pm 0,37 ^a
C15:0	0,23 \pm 0,01 ^a	0,24 \pm 0,01 ^a
C16:0	14,05 \pm 0,40 ^a	13,42 \pm 0,91 ^a
C16:1	3,75 \pm 0,34 ^a	3,86 \pm 0,92 ^a
C17:0	0,47 \pm 0,08 ^a	0,56 \pm 0,08 ^a
C17:1	0,34 \pm 0,06 ^a	0,41 \pm 0,06 ^a
C18:0	3,46 \pm 0,21 ^a	3,38 \pm 0,06 ^a
C18:1c	30,40 \pm 2,41 ^b	26,97 \pm 2,16 ^a
C18:2c	21,59 \pm 0,53 ^b	22,75 \pm 1,09 ^a
C18:3n6	0,40 \pm 0,04 ^a	0,42 \pm 0,14 ^a
C18:3n3	2,82 \pm 0,15 ^a	2,85 \pm 0,27 ^a
C20:0	0,89 \pm 0,12 ^a	0,95 \pm 0,11 ^a
C20:1	2,32 \pm 0,21 ^a	2,10 \pm 0,24 ^a
C21:0	0,80 \pm 0,10 ^a	0,81 \pm 0,07 ^a
C20:3n6	0,48 \pm 0,07 ^a	0,48 \pm 0,01 ^a
C20:4n6	0,53 \pm 0,04 ^a	0,57 \pm 0,02 ^a
C22:0	0,51 \pm 0,08 ^a	0,54 \pm 0,02 ^a
C20:5n3	3,19 \pm 0,87 ^a	4,05 \pm 0,57 ^a
C22:1	1,77 \pm 0,13 ^a	1,65 \pm 0,26 ^a
C24:1	1,54 \pm 0,24 ^a	1,87 \pm 0,50 ^a
C22:6n3	6,51 \pm 0,27 ^b	7,53 \pm 0,16 ^a
n.i.	1,22 \pm 0,25 ^a	1,61 \pm 0,84 ^a
% omega-3	12,52	14,42
% omega-6	23,59	24,23

Različita slova (a, b) u istom redu pokazuju statističku razliku između svježih i dimljenih uzoraka ($p < 0,05$)

Different letters (a, b) in the same row show statistical difference between fresh and smoked samples ($p < 0,05$)

Dobro je poznato da je oksidacija masti jedan od najvećih problema u ribljim proizvodima, no faktori koji mogu utjecati na sastav masti tijekom dimljenja djeluju na različite načine na njih. Fenolne komponente dima su antioksidansi, a sol i povišena temperatura prooksidansi, a i same vrste ribe koje se uglavnom dime su uglavnom masnije i time podložne oksidaciji. Losos i pastrva su idealne riblje vrste za ovakav način prerade jer sadrže veliki postotak masti koja u procesu dimljenja upije dim, pa se smatra da takva riba ima bolji okus. Zbog navedenih faktora, u literaturi postoje kontradiktorni podaci o stabilnosti PUFA u dimljenoj ribi. Utjecaj različitih faktora na oksidaciju masti u ribljem tkivu detaljno je obrađen u Kołakowska i sur. (2002).



Slika 1. Udjeli zasićenih (SFA), mononezasićenih (MUFA) i polinezasićenih (PUFA) masnih kiselina kod svježih i hladno dimljenih uzoraka n=16

Fig. 1. Share of saturated (SFA), monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated (PUFA) fatty acids in fresh and cold-smoked fish samples n=16

Najvjerojatniji razlog stabilnosti PUFA u ovom istraživanju antioksidativna su svojstva fenolne frakcije dima. Sastav fenolne frakcije, koja može sadržavati više od 200 različitih spojeva, primarno ovisi o vrsti drveta. Najaktivniji fenolni spojevi dima su pirogalol, resorcinol, 4-metil gvajakol, 4-vinil gvajakol i 4-trans-propenil siringol (Sikorski, 1990), te njihova prisutnost u dimu i na površini fileta rezultira stabilnim sastavom masti. Sastav fenolne frakcije dima ovisi i o temperaturi dimljenja (Stołyhwo i sur., 2006). Tako je sadržaj ukupnih fenola u filetima lososa hranjenog ribljim uljem ili sojinim uljem kod Rørå i sur. (2005) bio pozitivno koreliran s temperaturom hladnog dimljenja. Rezultati ovoga rada pokazuju da su parametri procesa dimljenja adekvatno optimizirani jer nije došlo do promjena u sastavu masti odnosno do oksidacije omega-3 masnih kiselina tijekom dimljenja.

ZAKLJUČAK

Fileti svježe i dimljene kalifornijske pastrve uzgojene u Jadranskom moru sadrže visoke udjele proteina te nešto niže udjele masti i omega-3 masnih kiselina. Na sastav fileta svježe pastrve uzgojene u Jadranskom moru vjerojatno utječu hranidba i salinitet mora, a na sastav fileta dimljene pastrve sastav sirovine te parametri dimljenja.

Abstract

NUTRITIVE VALUE OF TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) FARMED IN THE ADRIATIC SEA

The aim of this study was to determine the chemical composition of fresh and cold smoked rainbow trout fillets (*Oncorhynchus mykiss*) farmed in the Adriatic sea by measuring water, fat, protein, salt and ash content, fatty acid profile with an emphasis on eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic (DHA) fatty acids. Physical characteristics were determined by pH and color measurements. Analysis was performed on homogenized fish muscles without skin and bones. Determination of moisture, ash, fat and protein was conducted according to AOAC (1995). Determination of fatty acid content of previously prepared methyl esters (HRN EN ISO 5509, 2004) was conducted by gas chromatography according to HRN EN ISO 5508 (1999). Results showed that fresh rainbow trout farmed in the Adriatic sea is an excellent protein source (21.21%) but has slightly lower fat (5.21%) and omega-3 fatty acid content (12.52%) compared to the results of other studies. Fat and omega-3 fatty acid content was not decreased by the process of cold smoking. Overall, fresh and smoked trout farmed in the Adriatic may be regarded as food high in nutritional value.

Keywords: nutritional value, omega-3, sea farmed trout, cold smoked fish

LITERATURA

- AHA (2011) Triglycerides and Cardiovascular Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 123, (20), 2292 – 2333.
- AOAC (1995): Official Methods of Analysis. 16th edn, Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Austreng, E., Storebakken, T., Åsgård, T. (1987): Growth rate estimates for cultured Atlantic

- salmon and rainbowtrout. *Aquaculture*, 60, 157–160.
- Brown, T.D., Francis, D.S., Turchini, G.M. (2010): Can dietary lipid source circadian alternation improve omega-3 deposition in rainbow trout? *Aquaculture*, 300, 148–155.
- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., Faustman, C. (2006): Changes of lipids in sardine (*Sardinella gibbosa*) muscle during iced storage. *Food Chemistry*, 99, 83–91.
- CIE, Commission Internationale de l'Éclairage (1976): Official recommendations on uniform colour spaces, colour differences equations and metric colour terms. Paris, France.
- Espe, M., Nortvedt, R., Lie, O., Hafsteinsson, H. (2002): Atlantic salmon (*Salmo salar*, L) as raw material for the smoking industry. II: Effect of different smoking methods on losses of nutrients and on the oxidation of lipids. *Food Chemistry*, 77, 41–46.
- Espe, M., Kiessling A., Lunestad B-T., Torrissen O. J., Bencze Røra, A. M. (2004): Quality of cold smoked salmon collected in one French hypermarket during a period of 1 year. *LWT - Food Science and Technology*, 37, 6, 627–638.
- FAO, Food and Agriculture Organization (2012): The state of world fisheries and aquaculture. Rome, Italy.
- Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Barat, J. M., Serra, J. A. (2010): Physicochemical characterization of some smoked and marinated fish products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 83–103.
- Greenfield, H., Southgate, D.A.T. (2003): Food composition data, Production, management and use. FAO.
- Guillén, M. D., Ruiz, A. (2004): Study of the oxidative stability of salted and unsalted salmon fillets by ¹H nuclear magnetic resonance. *Food Chemistry*, 86, 297–304.
- Haliloğlu, H. I., Bayir, A., Sirkecioglu, A. N., Aras, N.M. (2004): Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. *Food Chemistry*, 86, 55–59.
- HRN EN ISO 5508 (1999): Životinjske i biljne masti i ulja- Analiza metilnih estera masnih kiselina plinskom kromatografijom.
- HRN EN ISO 5509 (2004): Životinjske i biljne masti i ulja- Priprava metilnih estera masnih kiselina.
- Janeković, I., Antonić, O., Križan, J., Bukovec, D., Bakran-Petricoli, T. (2006): Modelling basic physical parameters in the Adriatic Sea as the basis for marine benthic habitats mapping. *Ecological modelling*, 194, 62–69.
- Karásková, P., Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Alcañiz, M., Masot, R., Barat, J. M. (2011): Development of a low-cost non-destructive system for measuring moisture and salt content in smoked fish products. *Procedia Food Science*, 1, 1195–1201.
- Kennedy, S.R., Bickerdike, R., Berge, R.K., Dick, J.R., Toche, D.R. (2007): Influence of conjugated linoleic acid (CLA) or tetradecylthioacetic acid (TTA) on growth, lipid composition, fatty acid metabolism and lipid gene expression of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* L.). *Aquaculture*, 272, 489–501.
- Kořakowska, A., Olley, J., Dunstan, G. A. (2002): Fish lipids. In: Sikorski, Z.E., Kořakowska, A. (eds.), *Chemical and functional properties of food lipids*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp. 221–264.
- Krogdahl, Å., Sundby, A., Olli, J. J. (2004): Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) digest and metabolize nutrients differently. Effects of water salinity and dietary starch level. *Aquaculture*, 229, 335–360.
- Miller, M. R., Nichols, P. D., Carter, C. G. (2007): Replacement of dietary fish oil for Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) with a stearidonic acid containing oil has no effect on omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid concentrations. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*, 146, 197–206.
- Moradi, Y., Bakar, J., Motalebi, A. A., Syed Muhamad, S. H., Che Man, Y. (2011): A review on fish lipid: composition and changes during cooking methods. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20, 379–390.
- Panpipat, W., Yongsawatdigul, J. (2008) Stability of potassium iodide and omega-3 fatty acids in fortified freshwater fish emulsion sausage. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 483–492.
- Rørå, A. M. B., Birkeland, S., Hultmann, L., Rustad, T., Skåra, T., Bjerkgeng, B. (2005): Quality characteristics of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets high in soybean or fish oil as affected by cold-smoking temperature. *LWT- Food Science and Technology*, 38, 201–211.
- Rørå, A. M. B., Kvåle, A., Mørkøre, T., Rørvik, K. A., Steien, S. H., Thomassen, M. S. (1998): Process yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation

- to raw material characteristics. *Food Research International*, 31, 601-609.
- Saldanha, T., Bragagnolo, N. (2008): Relation between types of packaging, frozen storage and grilling on cholesterol and fatty acids oxidation. In: *Atlantic hake fillets (Merluccius hubbsi)*. *Food Chemistry*, 106, 2, 619-627.
- Sikorski, Z. E. (1990): *Seafood: resources, nutritional composition, and preservation*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 163-180.
- Soengas, J. L., Barciela, P., Fuentes, J., Otero, J., Andrés, M. D., Aldegunde, M. (1993): Changes in muscle carbohydrate metabolism in domesticated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after transfer to seawater. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B: Comparative Biochemistry*, 104, 1, 173-179.
- Steffens, W. (1997): Effect of variation in essential fatty acid in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 151, 97-119.
- Stołyhwo, A., Kołodziejska, I., Sikorski, Z. E. (2006): Long chain polyunsaturated fatty acids in smoked Atlantic mackerel and Baltic sprats. *Food Chemistry*, 94, 589-595.
- Storebakken, T., Shearer, K. D., Refstie, S., Lagocki, S., McCool, J. (1998): Interactions between salinity, dietary carbohydrate source and carbohydrate concentration on the digestibility of macronutrients and energy in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 163, 347-359.
- Torrissen, O. J., Bencze-Rørå, A. M., Nortvedt, R., Espe, M., Jørgensen, L., Sørensen, N. K., Olsen, S. O. (2000): U: Program & Abstract. Atlantic salmon-quality and market responses. The Ninth International Symposium on Nutrition & Feeding in Fish. May 21-25, 2000, Miyazaki, Japan, pp. 75.
- Turchini, G. M., Mentasti, T., Froyland, L., Orban, E., Caprino, F., Moretti, V. M., Valfre, F. (2003): Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquaculture*, 225, 251-267.
- Usher, M. L., Talbot, C., Eddy, F. B. (1990): Effects of transfer to seawater on digestion and gut function in Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 90, 85-96.
- Vidaček, S., Janči, T., Marušić, N., Petrak, T., Vnučec, T., Medić, H. (2011): Utjecaj smrzavanja na impedanciju kalifornijske pastrve (*Oncorhynchus mykiss*). *Ribarstvo*, 69, 2, 38-50.