

Mikroalge kao izvor omega-3 masnih kiselina u hranidbi tovnih pilića

Ana Zelić^{1,2}, Zlata Kralik^{1,2}, Gordana Kralik^{2,3}, Danica Hanžek^{1,2}

Sažetak

Meso peradi značajan je animalni proizvod u prehrani stanovništva. Mišićno tkivo bogato je bjelančevinama i odlikuje se niskim sadržajem masti, te se svrstava u dijetetski proizvod. Mikroalge su bogati izvor omega-3 masnih kiselina, osobito dokozaheksaenske (DHA), i u manjim količinama eikozapentaenske (EPA). Od posebne važnosti za peradarsku industriju su nedavna istraživanja u kojima se biomasa mikroalgi učinkovito koristi u proizvodnji peradarskih proizvoda obogaćenih s polinezasićenim masnim kiselinama dugog lanca (LC-PUFA n-3). Cilj ovog istraživanja je prikazati profil masnih kiselina u mikroalgama i istražiti mogućnosti obogaćivanja peradarskog mesa omega-3 masnim kiselinama dodavanjem mikroalgi u smjese za tov pilića. U radu je prikazan pregled dosadašnjih istraživanja o deponiranju omega-3 PUFA uporabom mikroalgi u hrani tovnih pilića.

Ključne riječi: mikroalge, pileće meso, omega-3 PUFA, DHA

Uvod

Meso peradi visokokvalitetna je namirnica zadovoljavajuće nutritivne vrijednosti. Prema podacima OECD-FAO (2018.), u razdoblju od 2018. do 2027. godine na svjetskoj razini predviđa se značajno povećanje potrošnje mesa peradi u odnosu na ostale vrste mesa. U usporedbi sa svinjskim i goveđim mesom, pileće meso jednako je bogato proteinima, no sadrži značajno manji postotak masti i kolesterola, što ga svrstava u dijetalne namirnice. Budući da meso sadrži relativno veliki udio zasićenih i mali udio polinezasiće-

nih masnih kiselina (PUFA), posljednjih desetljeća meso se kao namirnica sve više navodi i u negativnom kontekstu. Kao rezultat sve većih zahtjeva potrošača za konzumiranje hrane s dodanom vrijednosti, poboljšanje funkcionalnih svojstava mesa postavlja se kao cilj i u peradarskoj industriji. U svojim istraživanjima znanstvenici su se usredotočili na promjenu sastava masnih kiselina u mesu peradi kroz izmjenu masno-kiselinskog sastava krmne smjese. Dodatkom različitih biljnih ulja i sjemenki (repica, lan, bundeva) te ribljeg ulja mije-

¹ Ana Zelić, mag. ing. agr., doktorand, izv. prof. dr. sc. Zlata Kralik, Danica Hanžek, mag. ing. agr.; Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska

² Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Znanstveni centar izvrsnosti za personaliziranu brigu o zdravlju, Trg Svetog Trojstva 3, Osijek, Hrvatska

³ prof. emer. dr. sc. dr. h. c. Gordana Kralik, Nutricin j.d.o.o. Darda, Đure Đakovića 6, 31326 Darda, Hrvatska

*Autor za korespondenciju: zlata.kralik@fazos.hr

nja se profil masnih kiselina u krmnim smjesama, ali i u mesu. Uporaba ribljeg ulja u krmnoj smjesi za piliće može smanjiti oksidativnu stabilnost njihovog mesa (O'Keefe i sur., 1995; Bou i sur., 2001). Uzrok tome je visoka koncentracija PUFA u ribljem ulju, koja se ugradi u mišićno tkivo te za vrijeme skladištenja mesa može lako prouzročiti neugodne arome i miris (Meynier i sur., 1999., Kahraman i sur., 2004.; Wood i sur., 2008.). Da bi se postigla visoka oksidativna stabilnost u mesu pilića, predlaže se alternativni pristup kod obogaćivanja mesa peradi s PUFA, a to je da se umjesto biljnih i ribljeg ulja u krmne smjese za piliće dodaju morske alge (Mooney i sur., 1998.; Guschina i Harwood, 2006.). Morske alge u svom sastavu imaju visok sadržaj dokozaheksaenske masne kiseline (DHA) i nekih antioksidansa, uključujući beta-karotenoide, vitamin A i vitamin E (Barclay i sur., 1994.).

Uporabom ovako dizajniranih smjesa u tovu pilića postiže se proizvodnja mesa s povećanim sadržajem α -linolenske (ALA), DHA i eikozapentaenske masne kiseline (EPA) koje su važne u

prehrani ljudi (Lopez-Ferrer i sur., 2001.; Rymer i Givens, 2005.; Givens i Gibbs, 2008.).

Cilj ovog rada bio je prikazati rezultate istraživanja uporabe mikroalgi u obogaćivanju mesa pilića s omega-3 PUFA.

Kemijski sastav pilećeg mesa

Kemijski sastav pilećeg mesa ovisi o više čimbenika: dobi, načinu držanja, sastavu obroka pilića, ali i o pojedinom dijelu trupa. Janječić (2005.), u radu o prehranbenoj vrijednosti i sastavu mesa i masti peradi, navodi da u lipidima bijelog mesa pilića oko 48 % čine fosfolipidi, a ostalo neutralni lipidi kojih ima u tamnom mesu 79 %, a u koži 98 %. Ispitivanja udjela masti i njenog sastava u tkivima pilića pokazala su da bijelo meso ima manje masti nego tamno meso, a više masti nalazi se u potkožnom tkivu pilića (Janječić, 2005.). Lesiow (2006.) navodi sadržaj nutrijenata u bijelom i tamnom mesu muških i ženskih pilića (tablica 1).

Tablica 1. Sastav nutrijenata u mišićima prsa i zabataka (%)

Table 1 Composition of nutrients in breast and thigh muscles (%)

Sastav nutrienata /Composition of nutrients	Muški/Male		Ženski/Female	
	Prsa/Breast	Zabatak/Thigh	Prsa/Breast	Zabatak/Thigh
Voda/Moisture	73,74	73,22	70,44	70,17
Proteini/Protein	21,49	18,39	21,67	18,15
Mast/Fat	0,88	6,37	0,71	6,67
Pepeo/Ash	1,79	1,15	1,35	0,91

Izvor/Source: Lesiow (2006.)

Koncentracija omega-3 masnih kiselina u animalnim proizvodima ovisi o sastavu masnih kiselina u hrani (Haug i sur., 2007.). Dizajniranjem smjesa za perad, uključujući u njihov sastav biljna ulja, riblje ulje ili različite sojeve mikroalgi, može se utjecati na profil masnih kiselina u pilećem mesu. Kralik i sur. (2013.) navode da su konzumna jaja na hrvatskom tržištu iz konvencionalne proizvodnje siromašna s omega-3 PUFA (ALA i DHA) ili ih uopće ne sadrže i da je omjer omega-6/omega-3 15:1, dok je kod omega-3 obogaćenih jaja taj omjer znatno povoljniji (6:1). U nutritivnom pogledu EPA i DHA značajne su bioaktivne komponente koje doprinose smanjenju pojave kardiovaskularnih bolesti (Jump i sur., 2012.).

Mikroalge u hranidbi peradi

Glavni izvor omega-3 masnih kiselina u ljudskoj prehrani je morska riba. Iako je svježja riba u Republici Hrvatskoj dostupna, potrošnja i dalje ostaje ispod one koja se postiže u većini zemalja EU, a iznosi oko 20 kg po glavi stanovnika godišnje (FAO, 2011.). Može se pretpostaviti da gospodarska kriza utječe na ponašanje potrošača pri odabiru hrane te se, unatoč svakodnevnoj dostupnosti, svježja riba doživljava kao zdrav, ali skup prehranbeni proizvod (Tomić i sur., 2016.).

Preporučeni dnevni unos važnih omega-3 masnih kiselina DHA i EPA je nezadovoljavajući. U većem dijelu EU dnevni unos navedenih masnih kiselina kod osoba u dobi 18-24 godine niži je od 100 mg/dan, jer mnogi nikad ne jedu ribu. Ovaj

podatak je zabrinjavajući jer se za područje srednje Europe preporučuje unos DHA i EPA od 250 mg/dan (Givens i Gibbs, 2008.).

U svezi s time ukazana je potreba za korištenjem alternativnih izvora omega-3 masnih kiselina, koje bi se ugradile u proizvode u svakodnevnoj ljudskoj prehrani. Alternativni izvori u prehrambenom lancu su omega-3 obogaćeni proizvodi. Ti proizvodi dobivaju se hranidbom životinja krmnim smjesama s dodatkom ribljeg ulja i biljnih ulja (laneno i repičino) te mikroalgi (Lopez-Ferrer i sur., 2001; Patil i sur., 2007.).

Dugolančane polinezasićene masne kiseline (n-3 LC-PUFA) u mikroalgama uglavnom su esterificirane u membranskim fosfolipidima ili se nalaze u spremištima kao trigliceridi, a njihova količina ovisi o uvjetima okoline (Mühlroth i sur., 2013.). Različite auto- i heterotrofne morske vrste proizvode EPA i DHA, dok se arahidonska kiselina obično nalazi u malim količinama. Smatra se da fotosintetske mikroalge imaju tendenciju proizvodnje većih udjela EPA, nego heterotrofi (Martins i sur., 2013.). Masne kiseline porijeklom iz mikroalgi dostupne su u obliku dijetetskih suplemenata i inkorporiraju se u različite prehrambene proizvode. Safar i sur. (2015.) navode da se omega-3 masne kiseline iz morskih algi, uzgojenih za hranidbu peradi, mogu aplicirati u obliku ulja, praha i biomase. U istraživanju uporabe različitih sojeva mikroalgi bogatih omega-3 masnim kiselinama u hrani za životinje, Patil i sur. (2007.) ističu da bi dodatak mikroalgi u smjese za perad bio učinkovitiji u odnosu na uporabu biljnih ili životinjskih ulja. Isti autori navode da je stabilnost lipida u smjesama za perad

bolja ukoliko se kao dodatak koriste mikroalge, a ne ulja. Na tablici 2 prikazani su neki sojevi mikroalgi koji su bogati s EPA i DHA masnim kiselinama (Adarme-Vega i sur., 2012.).

Hadley i sur. (2017.) navode da su sušene stanice *Schizochytrium sp.* značajan izvor omega-3 dugolančanih polinezasićenih masnih kiselina (tablica 3).

Obogaćivanje mesa pilića s n-3 PUFA

Dugolančane omega-3 masne kiseline imaju vrlo važnu ulogu u nizu fizioloških funkcija u organizmu, gdje se u strukturi stanične membrane osobito ističe uloga DHA. Meso tovnih pilića koji su konzumirali dizajniranu hranu bogatu s omega-3 masnim kiselinama ima promijenjen profil masnih kiselina (povećan sadržaj n-3 PUFA) u odnosu na konvencionalno meso, te se može deklarirati kao obogaćen proizvod s povoljnim učinkom na zdravlje ljudi. Istraživanja su pokazala da mikroalge različitih sojeva mogu biti uspješno inkorporirane u smjese peradi, primjerice kao odmašćeni produkt biomase algi za proizvodnju biogoriva, i da mogu imati blagotvoran utjecaj na zdravlje peradi, performance te kvalitetu mesa i jaja (Patil i sur., 2007.; Park i sur., 2015.; Świątkiewicz i sur., 2015.). Uobičajeni postupak u istraživanjima povećanja sadržaja n-3 PUFA u peradarskim proizvodima je dodatak ribljeg ulja i lanenog sjemena u hranu za perad (González-Esquerria i Leeson, 2001.) Međutim, dosadašnja istraživanja ukazuju da korištenje nekih suplemenata (riblje ulje) može imati utjecaj na senzornu kvalitetu mesa peradi u smislu sman-

Tablica 2. Koncentracija EPA i DHA u ukupnim mastima u mikroalgama

Table 2 EPA and DHA concentrations in total lipids of microalgae

Mikroalge Microalgae	% EPA i/ili DHA % EPA and/or DHA	Literatura References
<i>Nannochloropsis sp.</i>	26,7 EPA + DHA	Hu and Gao (2003.)
<i>Nannochloropsis oceanica</i>	23,4 EPA	Patil i sur. (2007.)
<i>Nannochloropsis salina</i>	~ 28 EPA	Van Wagenen i sur. (2012.)
<i>Pinguicoccus pyrenoidosus</i>	22,03 EPA + DHA	Sang i sur. (2012.)
<i>Thraustochytrium sp.</i>	45,1 EPA + DHA	Scott i sur. (2011.)
<i>Chlorella minutissima</i>	39,9 EPA	Yongmanitchai i Ward (1991.)
<i>Dunaliella salina</i>	21,4 EPA	Bhosale i sur. (2010.)
<i>Pavlova viridis</i>	36,0 EPA + DHA	Hu i sur. (2008.)
<i>Pavlova lutheri</i>	27,7 EPA + DHA	Carvalho i Malcata (2005.)
<i>Pavlova lutheri</i>	41,5 EPA + DHA	Guihéneuf i sur. (2009.)
<i>Isocrysis galbana</i>	~ 28,0 EPA + DHA	Yago i sur. (2011.)

Izvor/Source: Adarme-Vega i sur. (2012.)

Tablica 3. Nutritivni profil i sastav masnih kiselina u osušenim cijelim stanicama algi (*Schizochytrium sp.*)
Table 3 Nutritive profile and fatty acid composition of dried whole cell algae (*Schizochytrium sp.*)

Osnovne komponente/Basic components	U 100 g/Per 100 g
Vlaga/Moisture	2,5
Proteini/Protein	12,1
Ugljikohidrati/Carbohydrates	32,0
Pepeo/Ash	8,2
Vlaknina/Fiber	0,6
Sirova mast/Crude fat	45,3
Masna kiselina/Fatty acid:	
12:0 (Laurinska/Lauric)	0,2
14:0 (Miristinska/Myristic)	5,1
16:0 Palmitinska/Palmitic)	12,1
18:0 (Stearinska/Stearic)	0,02
18:3n6 (γ -linolenska/ γ -linolenic)	0,1
20:3n6(Dihomo-gama linolenska kiselina/Dihomo-gamma-linolenic acid)	0,2
20:4n6 (Arahidonska/Arachidonic)	0,2
20:5n3 (Eikozapentaenska/Eicosapentaenoic)	0,5
22:5n6 (DPAn6)	6,3
22:6n3 (DHA)	18,0
24:0 (Lignocerinska/Lignoceric)	0,1

Izvor/Source: Hadley i sur. (2017.)

jenja lipidne stabilnosti i negativnog utjecaja na organoleptička svojstva, uzrokovanog prisutnošću neugodnih okusa. Sprječavanje procesa oksidacije masti u mesu i osiguranje oksidativne stabilnost

masti u mesu tijekom klaoničke obrade i skladištenja mesa postiže se dodavanjem prirodnih ili umjetnih antioksidansa u krmne smjese, kao što su selen, vitamin E, lutein, zeaksantin, osobito β -karoten i

Tablica 4. Utjecaj dodatka mikroalge (*Schizochytrium JB5*) na sastav masnih kiselina pilećih prsa
Table 4 Effect of dietary microalgae (*Schizochytrium JB5*) on fatty acid composition of breast meat in broilers

Sastav/Items	CON ¹	MA0.1 ¹	MA0.2 ¹	S.E.M. ²	P-vrijednost/P-value	
					Linear /Linearna	Quadratic /Kvadratna
C14:0 (Miristinska kiselina/Myristic acid), %	0,53	0,38	0,36	0,05	0,091	0,367
C16:0 (palmitinska kiselina/palmitic acid), %	28,17	27,82	26,30	1,32	0,374	0,736
C16:1 (palmitoleinska kiselina/palmitoleic acid), %	2,76	3,18	2,97	0,21	0,499	0,285
C18:0 (stearinska kiselina/stearic acid), %	14,99 ^a	11,44 ^b	12,86 ^{ab}	0,70	0,097	0,044
C18:1n9 (oleinska kiselina/oleic acid), %	25,87 ^b	27,92 ^a	28,81 ^a	0,29	0,002	0,174
C18:2n6 (linolna kiselina/linoleic acid), %	20,90	22,13	21,53	0,67	0,546	0,329
C20:5n3 (eikozapentaenska kiselina/eicosapentaenoic acid)	0,60	0,84	0,76	0,08	0,234	0,174
C22:6n3 (dokozaheksaenska kiselina/docosahexaenoic acid)	0,17 ^c	0,48 ^b	0,71 ^a	0,05	0,002	0,608
n-6 PUFA, %	21,44	22,61	21,84	0,74	0,722	0,346
n-3 PUFA, %	1,35 ^b	2,16 ^a	2,27 ^a	0,13	0,008	0,092
n-6/n-3 PUFA	15,84 ^a	10,45 ^b	9,63 ^b	1,25	0,022	0,202
SFA, %	46,83 ^a	42,09 ^b	42,14 ^b	1,09	0,036	0,146
USFA, %	52,68 ^b	57,33 ^a	57,25 ^a	0,91	0,024	0,101
SFA/USFA	0,89 ^a	0,73 ^b	0,74 ^b	0,03	0,026	0,105

¹CON: osnovna smjesa/basal diet; MA0.1: osnovna smjesa/basal diet + 0,1% mikroalgi/microalgae; MA0.2: osnovna smjesa/basal diet + 0,2% mikroalgi/microalgae; ²S.E.M.: standardna pogreška/standard error mean; USFA: nezasićene masne kiseline/unsaturated fatty acid ^{a, b, c} Srednje vrijednosti u istom redu s različitim superskriptima se razlikuju (P<0,05)/Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05)

Izvor/Source: Yan i Kim (2013.)

kriptoksantin. Yan i Kim (2013.) istraživali su utjecaj dodavanja mikroalgi na obogaćivanje n-3 PUFA u mesu Ross 308 pilića. U pokusu su ispitivana 2 udjela mikroalgi *Schizochytrium* (JB-5) u prahu (0,1 i 0,2 %), a kontrolna skupina bila je bez dodatka mikroalgi. Rezultati istraživanja pokazali su statistički značajno povećanje DHA ($P<0,05$) i poboljšanje omjera n-6/n-3 PUFA u pilećim prsima (tablica 4).

U istraživanju Macalintala i sur. (2014.a) promatran je utjecaj dodatka različitih koncentracija mikroalgi soja *Schizochytrium* sp. (SP-1, Alltech Inc) u smjese pilića na svojstva rasta, imunitet i profil masnih kiselina u mesu. Istraživanje je obuhvaćalo 180 pilića koji su 28. dana nasumice bili podvrgnuti trima različitim tretmanima hranidbe. Tretmani hranidbe sastojali su se od kontrolne skupine T1 (bez dodatka mikroalgi, samo smjesa kukuruz-soja), zatim ista smjesa uz dodatak 2 % mikroalgi (T2) te uz dodatak 4 % mikroalgi (T3). Rezultati istraživanja pokazali su statistički značajno ($P<0,01$) linearno povećanje sadržaja EPA i DHA u mišićima prsa, mišićima bataka i jetri. Autori su utvrdili povoljan (manji) omjer n6/n3 PUFA u tretmanima s dodatkom mikroalgi te povećanje prirasta i konverzije hrane u 7. i 14. danu starosti u usporedbi s kontrolnom skupinom. Stoga zaključuju kako dodatak mikroalgi u hranidbi tovnih pilića može povećati sadržaj omega-3 masnih kiselina u mesu i poboljšati rast pilića u tovu. U istraživanju Ao i sur. (2015.a) korištene su mikroalge All-G-Rich (*Schizochytrium limacinum* CCAP 4087/2; Alltech, Inc) s udjelom DHA od 16 %. U istraživanju je sudjelovalo pet hranidbenih tretmana. Pilići prvog hranidbenog tretmana predstavljali su kontrolnu skupinu, a ostala četiri tretmana bila su pokusna. Pilići pokusnih skupina konzumirali su smjese s dodatkom All-G-Rich™ u udjelu od 0,5 %, 1 % i 2 %, tijekom 42 dana tova, te kombinacijom hranidbe prvih 30 dana kontrolnom smjesom, a samo zadnjih 12 dana tova smjesom s 0,5 % mikroalge. U opisanom istraživanju promatran je sastav masnih kiselina u pilećem mesu. Rezultati istraživanja pokazali su da se udio DHA u mesu prsa statistički značajno povećao ($P<0,01$) u svim tretmanima s dodatkom preparata All-G-Rich™. Pored toga, koncentracija DHA u mesu prsa bila je statistički značajno veća ($P<0,01$) kod pilića hranjenih smjesom s dodatkom 0,5 % mikroalge tijekom cijelog perioda tova u usporedbi s tretmanom gdje je u zadnjih 12 dana tova korištena smjesa s 0,5 % mikroalge. Također, utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju EPA i ukupnih omega-3

masnih kiselina u mišićima prsa i zabataka između kontrolne i prve tri pokusne skupine ($P<0,01$).

Dosadašnja istraživanja pokazuju da se dodatkom 2 % mikroalgi može učinkovito povećati koncentracija DHA u mišićima zabataka i prsa pilića od 7 do 50 mg, odnosno od 10,30 do 71,20 mg DHA/100 g. Vrijednosti su više s dodatkom udjela od 4 % mikroalgi u smjese za piliće (Macalintal, 2014.a). Razlog tomu je visoki sadržaj DHA u mikroalgama (>16 %). Long i sur. (2018.) su kod pilića hibrida Arbor Acres istraživali učinak zamjene dijela sojinog ulja s mikroalgom bogatom DHA u krmnoj smjesi na tovnost svojstva pilića, konformaciju trupa i kvalitetu mesa, antioksidativni status, te sadržaj PUFA u mesu. Koristili su mikroalgu trgovačkog naziva All-G-Rich koju proizvodi Alltech Inc. (Nicholasville, KY). Mikroalga All-G-Rich (*Schizochytrium limacinum* CCAP 4087/2) sadrži 64 % masti, 29 % DHA, 11 % sirovih proteina, 2,04 % vitamina A i 0,07 % vitamina E. Autori su koristili tri hranidbena tretmana (CON=3 % sojino ulje, 1MA=2 % sojino ulje+1 % mikroalga i 2MA=1 % sojino ulje+2 % mikroalga). U zaključku autori navode da je dodatak mikroalge All-G-Rich (*Schizochytrium limacinum*) u krmnu smjesu za piliće u količini od 1 i 2 % pozitivno utjecalo na sve ispitivane pokazatelje. Osobito je važno istaknuti da je dodatkom mikroalge u hranu pilića, u usporedbi s kontrolnom skupinom, povećan sadržaj miristinske, heptadekanske, EPA i DHA, ukupnih SFA i n-3 PUFA ($P<0,05$), a smanjen ($P<0,01$) sadržaj linolne masne kiseline i ukupnih n-6 PUFA. Kod pokusnih skupina u mesu prsa i zabataka statistički se značajno smanjio omjer n6/n3 PUFA ($P<0,01$) u usporedbi s kontrolnom skupinom (prsno meso 2MA=2,94 : 1MA=5,22 : CON=11,7 odnosno meso zabataka 2MA=1,92 : 1MA=4,62 : CON=10,9).

Omega-3 masne kiseline imaju važnu ulogu u nizu fizioloških funkcija, čine strukturne komponente svih tkiva, a neophodne su za sintezu staničnih membrana (Vranešić Bender, 2011.). Dosadašnja istraživanja usmjerena su i na utjecaj dodatka mikroalgi na fiziološke i proizvodne funkcije tovnih pilića. Macalintal i sur. (2014.b) proveli su istraživanje s pilićima u tovu (4 tretmana) zbog utjecaja dodatka mikroalgi *Schizochytrium* sp. na svojstva rasta i imunološki odgovor pilića. U istraživanju su mjerene relativne težine limfoidnih organa u dobi od 7 i 14 dana. Rezultati istraživanja pokazuju da su pilići hranjeni smjesom koja sadrži 1 % SP-1™ imali niži unos ($P<0,01$) hrane, veću konverziju ($P<0,05$) u dobi od 14 dana, u usporedbi s kontrolnom

skupinom bez dodatka mikroalgi, statistički značajnu veću relativnu težinu slezene ($P < 0,05$) u dobi od 7 i 14 dana ($P < 0,05$). Autori ukazuju da dodatak mikroalgi *Schizochytrium* sp. može poboljšati početak rasta i razvoj limfoidnih organa pilića.

Omega-3 masne kiseline imaju sposobnost smanjenja upale tkiva i djeluju na imunost sustav, a novija istraživanja pokazala su da n-3 PUFA potiču formiranje i čvrstoću kostiju kod pilenki. Ao i sur. (2015.b) ispitivali su učinak dodatka mikroalgi *Schizochytrium* sp. na razvoj i kvalitetu kostiju. Tretmani hranidbe sastojali su se od kontrolne skupine, smjese startera na bazi kukuruza i soje, odnosno krmne smjese s dodatkom 1,0 ili 2,0 % mikroalgi *Schizochytrium* sp. Eksperimentalna hranidba trajala je od 1. do 17. tjedna starosti. Rezultati istraživanja pokazali su slabiju konzumaciju krmnih smjesa s dodatkom 2 % mikroalgi ($P = 0,06$), u odnosu na konzumaciju kontrolne smjese. Uzorci kostiju uzeti su u 10. i 17. tjednu starosti. Ispitivana je čvrstoća kostiju i sadržaj minerala i pepela u kostima. Dodatak mikroalgi nije utjecao na koncentraciju minerala u kostima, dok se čvrstoća nadlaktične i goljenične kosti povećala dodatkom 2 % mikroalgi. Autori zaključuju da se dodatkom mikroalgi u smjese može poboljšati čvrstoća koštane mase pilića.

Zaključak

Pregledom rezultata istraživanja različitih autora uočen je pozitivan učinak uporabe mikroalgi u hrani tijekom tova. Najveći broj istraživanja odnosi se na preparat Alltech All-G-Rich™ koji sadrži 16 % mikroalgi *Schizochytrium* sp. (SP-1). Autori su istraživali utjecaj različitih razina dodatka ove mikroalge 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0, pa čak i 5,0% u hranu na deponiranje omega-3, posebice DHA, u mišićno tkivo pilića, pri čemu su ustanovili linearnu povezanost količine mikroalgi u obroku i koncentracije DHA u mesu. Nisu utvrđene razlike u proizvodnim svojstvima, ali je u nekim slučajevima evidentiran stabilniji (čvršći) kostur kod peradi. Daljnja istraživanja dodatka mikroalgi u smjese za perad mogu potaknuti njihovu veću uporabu u proizvodnji mesa poboljšane nutritivne kvalitete, ali i potaknuti istraživanja utjecaja njihovog korištenja u hrani na imunološko stanje životinja.

Zahvala

Istraživanje je financirano sredstvima Europskih strukturnih i investicijskih fondova dodijeljenim hrvatskom nacionalnom Znanstvenom centru izvrsnosti za personaliziranu brigu o zdravlju (KK.01.1.1.01.0010) i sredstvima Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske.

Literatura

- [1] Adarme-Vega, T.C., Lim, D.K., Timmins, M., Vernen, F., Li, Y., P.M. Schenk (2012): Microalgal biofactories: a promising approach towards sustainable omega-3 fatty acid production. *Microbial Cell Factories*, 11(1), 96. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-11-96>
- [2] Ao, T., Macalintal, L.M., Paul, M., Pescatore, A.J., Cantor, A.H., Glenney, M., Ford, M.J., K.A. Dawson (2015a): Microalgae supplementation in broiler diets enriches docosahexaenoic acid content of meat and improves bone strength. *Poultry Science*, 94 (E-Suppl.1), p. 138.
- [3] Ao, T., Macalintal, L.M., Paul, M., Pescatore, A.J., Cantor, A.H., Ford, M.J., K.A. Dawson (2015b): Dietary microalgae improved bone strength of pullets. *International Poultry Scientific Forum Abstracts*, Atlanta, GA, USA, January 27-28, p. 90. Retrieved from <http://www.ippexpo.org/ipsf/docs/IPSAbstractBook15.pdf>
- [4] Barclay, W.R., Meager, K.M., J.R. Abril (1994): Heterotrophic production of long chain omega-3 fatty acids utilizing algae and algae-like microorganisms. *J. Appl. Phycol.* 6, 123-129.
- [5] Bhosale, R.A., Rajabhoj, M.P., B.B. Chaugule (2010): *Dunaliella salina* Teod. as a prominent source of eicosapentaenoic acid. *International Journal on Algae*, 12(2): 185-189.
- [6] Bou, R., Guardiola, F., Grau, A., Grimpa, S., Manich, A., Barroeta, A., R. Codony (2001): Influence of dietary fat source, α -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. *Poult. Sci.* 80, 800-807.
- [7] Carvalho, A.P., F.X. Malcata (2005): Optimization of ω -3 fatty acid production by microalgae: crossover effects of CO₂ and light intensity under batch and continuous cultivation modes. *Marine Biotechnology*, 7(4), 381-388.
- [8] FAO (2011): *World apparent consumption by continent. FAO_STAT*: Food balance sheet of fish and fishery products. 8-13.
- [9] Givens, D.I., R.A. Gibbs (2008): Current intakes of EPA and DHA in European populations and the potential of animal-derived foods to increase them: Symposium on 'How can the n-3 content of the diet be improved?' *P. Nutr. Soc.* 67, 273-280.
- [10] Givens, D.I., Gibbs, R.A. (2008.): Current intakes of EPA and DHA in European populations and the potential of animal-derived foods to increase them. *Proceedings of the Nutrition Society*, 67(3), 273-280.
- [11] González-Esquerro, R., S. Leeson (2001): Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(3), 295-305.
- [12] Guihéneuf, F., Mimouni, V., Ulmann, L., G. Tremblin (2009): Combined effects of irradiance level and carbon source on fatty acid and lipid class composition in the microalga *Pavlova lutheri* commonly used in mariculture. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 369(2), 136-143.

- [13] Guschina, I.A., J.L. Harwood (2006): Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae. *P. Lipid Res.* 45, 160-186.
- [14] Hadley, K.B., Bauer, J., N.W. Milgram (2017): The oil-rich alga *Schizochytrium* sp. as a dietary source of docosahexaenoic acid improves shape discrimination learning associated with visual processing in a canine model of senescence. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA)*, 118, 10-18.
- [15] Haug, A., Eich-Greatorex, S., Bernhoft, A., Wold, J.P., Hetland, H., Christophersen, O.A., T. Sogn (2007): Effect of dietary selenium and omega-3 fatty acids on muscle composition and quality in broilers. *Lipids in Health and Disease*, 6(1), 29. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-6-29>
- [16] <http://www.agri-outlook.org/commodities/Agricultural-Outlook-2018-Meat.pdf>
- [17] Hu, C., Li, M., Li, J., Zhu, Q., Z. Liu (2008): Variation of lipid and fatty acid compositions of the marine microalga *Pavlova viridis* (Prymnesiophyceae) under laboratory and outdoor culture conditions. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(7), 1209-1214.
- [18] Hu, H., K. Gao (2003): Optimization of growth and fatty acid composition of a unicellular marine picoplankton, *Nannochloropsis* sp., with enriched carbon sources. *Biotechnology Letters*, 25(5), 421-425.
- [19] Janječić, Z. (2005): Prehrambena vrijednost i sastav mesa i masti peradi. *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu* 7(3): 11-13.
- [20] Jump, B.D., Depner, M.C., Tripathy, S. (2012.): Omega-3 fatty acid supplementation and cardiovascular disease. *Journal of Lipid Research*, 53, 2525-2545.
- [21] Kahraman, R., Özpınar, H., Abas, I., Kutay, H.C., Eseceli, H., M.A. Grashorn (2004): Effects of different dietary oil sources on fatty acid composition and malondialdehyde levels of thigh meat in broiler chickens. *Archiv Fur Geflugelkunde*. 68, 77-86.
- [22] Kralik, G., Janječić, Z., Kralik, Z., Z. Škrtić (2013): Stanje u peradstvu i trendovi njegova razvoja. *Poljoprivreda*, 19(2), 49-58.
- [23] Lesiow, T. (2006): Chemical composition of poultry meat. *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*, vol.4 Ch. 32: 1-21.
- [24] Long, S.F., Kang, S., Wang, Q.Q., Xu, Y.T., Pan, L., Hu, J.X., Li, M., X.S. Piao (2018): Dietary supplementation with DHA-rich microalgae improves performance, serum composition, carcass trait, antioxidant status, and fatty acid profile of broilers. *Poultry Science* 97, 1881-1890.
- [25] Lopez-Ferrer, S., Baucells, M.D., Barroeta, A.C., M.A. Grashorn (2001): N-3 enrichment of chicken meat. 1. use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. *Poult. Sci.* 80, 741-752.
- [26] Macalintal, L., Ao, T., Pescatore, A., Cantore, A., Ford, M., K. Dawson (2014a): Effects of dietary microalgae and time to initial feeding on growth performance and humoral immune response of broiler chicks. *Poultry Science*, 93(E-Suppl. 1), p.148.
- [27] Macalintal, L., Ao, T., Pescatore, A., Cantore, A., Timmons, B., Conn, C., Ford, M., K. Dawson (2014b): Effects of dietary supplementation of microalgae on growth performance, immunity and fatty acid profile of broiler chicks. *Poultry Science*, 92 (E-suppl. 1), 122.
- [28] Martins, D.A., Custódio, L., Barreira, L., Pereira, H., Ben-Hamadou, R., Varela, J., K.M. Abu-Salah (2013): Alternative sources of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in marine microalgae. *Marine Drugs*, 11(7), 2259-2281.
- [29] Meynier, A., Genot, C., G. Gandemer (1999): Oxidation of muscle phospholipids in relation to their fatty acid composition with emphasis on volatile compounds. *J. Sci. Food Agr.* 79, 797-804.
- [30] Mooney, J.W., Hirschler, E.M., Kennedy, A.K., Sams, A.R., M.E.V. Elswyk (1998): Lipid and flavour quality of stored breast meat from broilers fed marine algae. *J. Sci. Food Agr.* 78, 134-140.
- [31] Mühlroth, A., Li, K., Røkke, G., Winge, P., Olsen, Y., Hohmann-Marriott, M. F., Vadstein, O., A.M. Bones (2013): Pathways of lipid metabolism in marine algae, co-expression network, bottlenecks and candidate genes for enhanced production of EPA and DHA in species of *Chromista*. *Marine Drugs*, 11(11), 4662-4697.
- [32] O'Keefe, S.F., Proudfoot, F.G., R.G. Ackman (1995): Lipid oxidation in meats of omega-3 fatty-acid enriched broiler chickens. *Food Res. Int.* 28, 417-424.
- [33] Patil, V., Källqvist, T., Olsen, E., Vogt, G., H.R. Gislerød (2007): Fatty acid composition of 12 microalgae for possible use in aquaculture feed. *Aquaculture International*, 15(1), 1-9.
- [34] Rymmer, C., D.I. Givens (2005): N-3 fatty acid enrichment of edible tissue of poultry: a review. *Lipids*. 40,121-130.
- [35] Safafar, H., Wagenen, J., Moller, P., C. Jacobsen (2015): Carotenoids, phenolic compounds and tocopherols contribute to the antioxidative properties of some microalgae species grown on *Industria Wastewater*. *Marine Drugs*, 13(12): 7339-7356.
- [36] Sang, M., Wang, M., Liu, J., Zhang, C., A. Li (2012): Effects of temperature, salinity, light intensity, and pH on the eicosapentaenoic acid production of *Pinguicoccus pyrenoidosus*. *Journal of Ocean University of China*, 11(2), 181-186.
- [37] Scott, S.D., Armenta, R.E., Berryman, K.T., A.W. Norman (2011): Use of raw glycerol to produce oil rich in polyunsaturated fatty acids by a thraustochytrid. *Enzyme and Microbial Technology*, 48(3), 267-272.
- [38] Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., D. Józefiak (2015): Application of microalgae biomass in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 71(4), 663-672.
- [39] Tomić, M., Matulić, D. Jelić, M. (2016.): What determines fresh fish consumption in Croatia? *Appetite*, 106 (1), 13-22.
- [40] Van Wagenen, J., Miller, T.W., Hobbs, S., Hook, P., Crowe, B., M. Huesemann (2012): Effects of light and temperature on fatty acid production in *Nannochloropsis salina*. *Energies*, 5(3), 731-740.
- [41] Vranešić Bender, D. (2011): Omega-3 masne kiseline - svojstva i djelovanje. *Medix: specijalizirani medicinski dvomjesečnik*, 17(92/93), 234-240.
- [42] Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., F.M. Whittington (2008): Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Sci.* 78, 343-358.
- [43] Yago, T., Arakawa, H., Morinaga, T., Yoshie-Stark, Y., M. Yoshioka (2010): Effect of wavelength of intermittent light on the growth and fatty acid profile of the haptophyte *Isochrysis galbana*. In *Global Change: Mankind-Marine Environment Interactions* (pp. 43-45). Springer, Dordrecht.
- [44] Yan, L., I.H. Kim (2013): Effects of dietary omega-3 fatty acid-enriched microalgae supplementation on growth performance, blood profiles, meat quality, and fatty acid composition of meat in broilers. *Journal of Applied Animal Research*, 41(4), 392-397.
- [45] Yongmanitchai, W., O.P. Ward (1991): Growth of and omega-3 fatty acid production by *Phaeodactylum tricornutum* under different culture conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(2), 419-425.

Microalgae as a source of omega-3 fatty acids in the broilers' feeding

Abstract

Poultry meat is a significant animal product in the diet population. Muscle tissue is rich in protein and is characterized by low fat content, and is classified as a dietary product. Microalgae are a rich source of omega-3 fatty acids, especially docosahexaenoic (DHA), and in smaller amounts eicosapentaenoic (EPA). Of particular importance for poultry industry are recent studies in which microalgae biomass is effectively used in the poultry products production that are enriched with long chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFA n-3). The aim of this study is presenting the fatty acid profile in microalgae and exploring the possibilities of enriching the poultry meat with omega-3 fatty acids by adding microalgae to the mixtures for chickens fattening. The paper presents an overview of previous research on the deposition of n-3 PUFA using microalgae in broiler feed.

Key words: microalgae, chicken meat, omega-3 PUFA, DHA

Mikroalgen als Quelle von Omega-3-Fettsäuren in der Ernährung von Geflügelbroilern

Zusammenfassung

Geflügelfleisch ist ein wichtiges tierisches Produkt in der Ernährung der Bevölkerung. Das Muskelgewebe ist reich an Eiweiß und fettarm und wird als diätetisches Nahrungsmittel eingestuft. Mikroalgen sind eine reichhaltige Quelle von Omega-3-Fettsäuren, insbesondere von Docosahexaensäure (DHA) und in geringeren Mengen von Eicosapentaensäure (EPA). Von besonderer Bedeutung für die Geflügelindustrie sind neuere Studien, in denen Mikroalgenbiomasse effektiv zur Herstellung von Geflügelprodukten verwendet wird, die mit langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren (LC-PUFA n-3) angereichert sind. Ziel dieser Studie war es, das Fettsäureprofil in Mikroalgen aufzuzeigen und die Möglichkeiten der Anreicherung von Geflügelfleisch mit Omega-3-Fettsäuren durch Zugabe von Mikroalgen zu Hühnermastmischungen zu untersuchen. Die Arbeit bietet einen Überblick über bisherige Forschungen zur Ablagerung von mehrfach ungesättigten Omega-3-Säuren infolge der Verwendung von Mikroalgen im Broilerfutter.

Schlüsselwörter: Mikroalgen, Geflügelfleisch, Omega-3-PUFA, DHA

Las microalgas como el fuente de ácidos grasos omega-3 en la ingestión de los pollos de engorde

Resumen

La carne de aves de corral es un producto animal importante en la dieta de la población. El tejido muscular es rico en proteínas y bajo en grasas, y es clasificado como un producto dietético. Las microalgas son una fuente rica de ácidos grasos omega-3, especialmente del docosahexaenoico (DHA), y en pequeñas cantidades del eicosapentaenoico (EPA). De particular importancia para la industria avícola son los estudios recientes en los que la biomasa de microalgas se usa efectivamente en la producción de productos avícolas enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (LC-PUFA n-3). El objetivo de este estudio fue mostrar el perfil de ácidos grasos en las microalgas e investigar las posibilidades de enriquecer la carne de aves de corral con los ácidos grasos omega-3 mediante la adición de las

microalgas a la mezcla de engorde de pollo. El documento presenta una descripción general de investigaciones anteriores sobre la deposición de las omega-3 PUFA utilizando las microalgas en el pienso para los pollos de engorde.

Palabras claves: microalga, pechuga de pollo, omega-3 PUFA, DHA

Microalghe come fonte di acidi grassi omega-3 nell'alimentazione dei polli da ingrasso

Riassunto

La carne del pollame come prodotto d'origine animale occupa un posto significativo nell'alimentazione umana. Il tessuto muscolare è ricco di proteine, vanta un basso contenuto di grassi e viene classificato tra i prodotti dietetici. Le microalghe sono una fonte ricca di acidi grassi omega-3, in particolare di acido docosaesaenoico (DHA) e, in quantità minori, di acido eicosapentaenoico (EPA). Particolarmente importanti per l'industria avicola, alcuni recenti studi hanno utilizzato con successo la biomassa di microalghe nella produzione di prodotti avicoli arricchiti con acidi grassi polinsaturi a catena lunga (LC-PUFA n-3). Focalizzata la propria attenzione sul profilo degli acidi grassi nelle microalghe, la presente ricerca intende verificare la possibilità di arricchire la carne del pollame con acidi grassi omega-3 mediante l'aggiunta di microalghe nel mangime utilizzato per l'ingrasso dei pulcini. Lo studio offre un quadro degli studi finora svolti sull'arricchimento del mangime dei polli da ingrasso con omega-3 PUFA mediante l'uso di microalghe.

Parole chiave: microalghe, carne di pollo, omega-3 PUFA, DHA

