

Utjecaj hranidbe na kvalitetu i obogaćivanje jaja funkcionalnim sastojcima

Kralik Zlata¹, M. Lovreković¹

Pregledni rad

SAŽETAK

Jaja su vrijedan izvor bjelančevina, masti i mikroelemenata koji igraju važnu ulogu u osnovnoj prehrani ljudi. Proizvodnja i potrošnja jaja u svijetu posljednjih je desetljeća u porastu. Konzumacija jaja dugo vremena bila je povezana s nepovoljnim učincima u ljudskom zdravlju, uglavnom zbog sadržaja kolesterola. Međutim, danas je poznato da na razinu kolesterola u ljudskom serumu utječu više drugi čimbenici (genetska predispozicija, hormonski status, način prehrane i slično), a ne isključivo kolesterol iz jaja. Danas namirnice koje se koriste u svakodnevnom obroku nisu namijenjene samo pružanju potrebnih hranjivih tvari, već one potrošačima mogu pomoći kod prevencije bolesti povezanih s prehranom (bolji imunološki status, smanjen rizik od kardiovaskularnih bolesti, očuvanje vida i slično). Posebnom tehnologijom u proizvodnji konzumnih jaja, moguće je u jajima povećati sadržaj nekih funkcionalnih sastojaka kao što su omega-3 masne kiseline, selen, lutein, zeaksantin, te vitamini E i A. Ovaj rad nudi kratki pregled utjecaja tehnologije proizvodnje konzumnih jaja (hranidbe nesilica) na kvalitetu i obogaćivanje jaja funkcionalnim sastojcima.

Ključne riječi: jaja, nesilice, hrana, funkcionalni sastojci

UVOD

Industrija peradi je tijekom posljednjih 20 godina postigla ogroman porast, te zauzima važno mjesto kako u stočarskoj tako i u prehrambenoj proizvodnji, jer je značajna u opskrbi ljudi kvalitetnim proizvodima (Magdelaine, 2011.). Ljudska prehrana u razvijenim zemljama specifična je jer podrazumijeva prekomjeran unos proteina, kolesterola, zasićenih masnih kiselina, n-6 polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) i natrija, dok je unos n-3 PUFA, vlakana i antioksidansa nedovoljan. Takav način neuravnotežene prehrane djelomično je odgovoran za visoku učestalost obolijevanja i pojavu kroničnih bolesti, od kojih su kardiovaskularne bolesti vodeći uzročnik smrtnosti u svijetu (Miranda i sur., 2015.). Danas se veliki naponi ulažu u razvoj inovativnih tehnologija, kojima

se stvara proizvod s dodanom vrijednošću (obogaćeni proizvod ili funkcionalna hrana). Osim što se u proizvodu (jajima) povećava sadržaj poželjnih funkcionalnih sastojaka, oni imaju i pozitivan učinak na zdravlje životinja, poboljšavaju performanse te utječu na održivost i kvalitetu proizvoda (Wang i sur., 2017.). Najčešći funkcionalni sastojci ili nutrijenti koji se koriste pri obogaćivanju peradarskih namirnica (mesa i jaja) su: omega-3 masne kiseline, selen, lutein, zeaksantin, vitamin E, vitamin A i slično. Navedeni sastojci atraktivni su prvenstveno zbog toga što se već niz godina u razvoju funkcionalne hrane teži dizajniranju palete proizvoda za očuvanje zdravlja srca i smanjenje prekomjerne tjelesne mase, budući da su to najveći problemi modernoga načina života (Kralik i sur., 2012.).

¹ izv.prof.dr.sc. Kralik Zlata; Matea Lovreković, univ.bacc.ing.agr. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek

Autor za korespondenciju: zlata.kralik@pfos.hr

OBOGAĆIVANJE JAJA OMEGA-3 MASNIM KISELINAMA

Omega-3 masne kiseline su polinezasićene masne kiseline koje imaju dvostruku vezu na trećem C atomu (n-3 položaju). Najvažnije masne kiseline u obrocima peradi su: α -linolenska (ALA), eikozapentaenska (EPA) i dokozaheksaenska (DHA). Najbogatiji izvori ALA masne kiseline su: lan, orasi, repica i zeleno lisnato povrće, dok su riba i ulja morskih organizama najbogatiji izvori EPA i DHA. U ljudskoj prehrani ALA je najvažnija n-3 masna kiselina. Simopoulos (2016.) u svom radu navodi omjere n-6/n-3 polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) u prehrani ljudi (Tablica 1). Kokoši lako apsorbiraju i prenose omega-3 PUFA iz hrane i akumuliraju ih u žumanjak. U prosjeku je potrebno 2 tjedna hranidbe kokoši posebno dizajniranim smjesama, da bi kokoši počele nesti jaja s povećanim sadržajem n-3 PUFA (Cherian i Sim, 1991.). U istraživanju utjecaja različitih ulja u hrani za nesilice na kakvoću jaja i sadržaj masnih kiselina u žumanjku jajeta Kralik i sur. (2007.) koristili su tri skupine nesilica kojima su davali posebno pripremljene smjese. Kontrolna skupina nesilica konzumirala je smjesu s dodatkom 5 % sojinog ulja. Smjesa pokusne skupine P1 sadržala je 3,5 % ribljeg i 1,5 % repičinog ulja, dok je smjesa P2 sadržala 1,5 % ribljeg ulja i 3,5 % repičinog ulja. Nesilice su hranjene smjesama 28 dana. U rezultatima istraživanja autori navode da je statistički značajno najpovoljniji (najmanji) omjer n6/n3 PUFA utvrđen kod P1 skupine u odnosu na skupine P2 i K (4,27: 7,26 i 11,89; $P < 0,05$). U skupini P1 gdje je udio ribljeg ulja u hrani nesilica bio najveći, utvrđeno je i statistički značajno više EPA (K=0 %; P1=0,22 %; P2=0 %), DHA (K=1,26 %, P1=2,64 % i P2=2,23 %) i ALA (K=1,16 %; P1=2,31 % i P2=1,21%) u odnosu na ostale skupine u istraživanju. Sukladno povećanju navedenih masnih kiselina P1 je imala i najveći udio ukupnih n-3 PUFA u žumanjcima u odnosu na skupine P2 i K (5,17 % > 3,44 % > 2,42 %). Da dodatak ribljeg ulja u smjese za nesilice statistički značajno utječe na povećanje udjela DHA u žumanjcima jaja navode i Ceylan i sur. (2004.). Omidi i sur. (2015.) u istraživanju modifikacije profila masnih kiselina u žumanjcima jaja korištenjem različitih izvora ulja u smjesama za nesilice koristili su 72 nesilice hibrida Tetra SL u dobi od 23 tjedna, koje su podijelili u 6 pokusnih skupina. Kontrolna skupina bila je bez dodatka ulja, dok su ostalim skupinama dodana različita ulja u udjelu od 3 % (P1=riblje ulje; P2=maslinovo ulje; P3= ulje sjemenki grožđa; P4=canola (repica) ulje; P5=sojino ulje). Autori navode da korišteni tretmani nisu imali značajan utjecaj na proizvodnju i masu jaja, kao ni na konverziju hrane

($P > 0,05$), dok je statistički značajno veći udio EPA, DHA i ukupnih n-3 PUFA utvrđen kod jaja nesilica koje su konzumirale hranu s dodatkom ribljeg ulja u odnosu na ostale ispitivane skupine ($P < 0,05$). Osim ulja u cilju povećanja omega-3 masnih kiselina u jajima u hranu nesilica mogu se dodavati sjemenke na primjer lana ili alge obogaćene s DHA (Tablica 2).

OBOGAĆIVANJE JAJA MIKROELEMENTIMA

Debljina ljuske ovisi o sadržaju kalcija, fosfora i vitamina D3. Optimalna količina kalcija u krmnim smjesama je od 3,20 do 4,50 %, a količina fosfora od 0,30 do 0,40 %. Ako u smjesi nema dovoljno kalcija, nesilice iskorištavaju kalcij iz kostura, a kasnije nesu jaja s tankom ljuskom ili bez nje. Dobar izvor kalcija je stočna kreda. Višak fosfora također može nepovoljno utjecati na čvrstoću ljuske. Na kvalitetu ljuske pozitivno utječu magnezij, mangan, cink i bakar, a najbolje ih je davati u obliku kelata (spojevi) u vrijeme od sredine do kraja nesenja (Świątkiewicz i sur., 2014.). Kralik i sur. (2009.) navode da na obogaćivanje jaja selenom utjecaj ima izvor selena (anorganski odnosno organski), kao i razina selena u hrani. U istraživanju je korišteno tri skupine nesilica (C, E1 i E2). Nesilice skupine C konzumirale su smjesu s 0,2 mg/kg anorganskog selena, E1 skupina nesilica dobivala je hranu s 0,4 mg/kg anorganskog selena, dok je E2 skupina nesilica u hrani dobivala 0,4 mg/kg organskog selena. U rezultatima istraživanja autori navode da skupina E2 ima statistički značajno veći sadržaj selena u bjelanjcima jaja u odnosu na skupine E1 i C ($E2=345$ ng/g, $E1=230$ ng/g i $C=181$ ng/g; $P < 0,001$), dok je kod žumanjaka utvrđena značajna razlika između E2 (783 ng/g) u odnosu na C (537 ng/g). Efikasnije odlaganje selena u jaje korištenjem organskog izvora selena u hrani za nesilice u svom istraživanju ističu Pan i sur (2007), te Payne i sur. (2005.). Surai i Sparks (2001.) u radu koji govori o proizvodnji dizajniranih jaja, navode da je dodatak od 0,2 ppm i 0,4 ppm organskog selena u hranu za nesilice rezultiralo s četiri odnosno osam puta većim sadržajem Se u bjelanjku, u usporedbi s jajima podrijetlom od kokoši hranjenih komercijalnom smjesom. Povećanje sadržaja selena u bjelanjku kretalo se od 50,7 ng/g kod jaja A skupine do 193,7ng/g i 403,7ng/g kod skupina B i C. Sadržaj selena u žumanjku rastao je i to s 298,3ng /g u kontrolnoj skupini na 605,3 ng/g u skupini B i 854,0 ng/g u skupini C. Osim komercijalnih pripravaka u novije vrijeme u istraživanjima se koriste žitarice biofortificirane različitim mikroelementima. Kralik i sur. (2016.) u istraživanju utjecaja uporabe selenom biofortificira-

Tablica 1. Omjeri n-6 PUFA / n-3 PUFA u prehrani ljudi

Razdoblje	n-6 / n-3
Paleolitik	0.79
Grčka prije 1960	1.00-2.00
Japan danas	4.00
India danas, ruralno područje	5-6.1
UK i sjeverni dio Europe, danas	15.00
Amerika danas	16.74
India danas, gradsko područje	38-50

Izvor: Simopoulos (2016.)

ne pšenice u smjesama za nesilica na kvalitetu jaja i sadržaj selena u jestivom djelu jajeta, koristili su 105 nesilice hibrida Tetra SL, koje su podijelili u tri pokusne skupine. Kontrolna skupina (A) konzumirala je komercijalnu smjesu za nesilice, a pokusnim skupinama 10 % kukuruza zamijenjeno je s pšenicom koja je bila biofortificirana selenom u dvije razine. U smjesama je utvrđen sadržaj selen kako slijedi:

A=0,2522 mg Se/kg hrane; B=0,3059 mg Se/kg hrane i C=0,5484 mg Se/kg hrane. Autori navode da je utvrđena statistički značajna razlika u masi jaja i njegovih osnovnih dijelova čuvanih 3 dana u hladnjaku na +4°C (P<0,05), dok kod jaja čuvanih 28 dana u hladnjaku vrijednosti navedenih pokazatelja bile su ujednačene kod svih ispitivanih skupina (P>0,05). Nadalje navode da je razina selena u smjesama statistički značajno utjecala na debljinu ljuske i boju žumanjak jaja čuvanih 3 dana. Deblju ljusku i intenzivniju boju žumanjak imala su jaja kontrolne u odnosu na jaja pokusnih skupina. Važno je istaknuti da je razina selena u hrani imala utjecaj na vrijednosti HJ, koje su bile veće kod pokusnih skupina u odnosu na kontrolnu kod jaja u oba termina mjerenja (3. i 28. dana čuvanja). Sadržaj selena u bjelanjcima jaja pokusne skupine C bio je statistički značajno veći u odnosu na skupine B i A u oba termina mjerenja (na-

Tablica 2. Obogaćivanje jaja s n-3 PUFA uporabom ulja, sjemenki i mikroalgi u smjesama za nesilice

Literatura	Hrana	ALA	EPA	DHA
		% ukupnih MK ¹		
Ferrier i sur. (1992.)	Kontrola mljevenog sjemena lana 20 %	0,3	-	0,2
		8,2	-	0,7
Ferrier i sur. (1995.)	Kontrola laneno sjeme 10 % laneno sjeme 20 %	0,5	0,1	1,0
		5,5	0,2	1,7
		10,7	0,2	1,8
Farrell (1998)	Kontrola (suncokretovo ulje) riblje ulje 5 % riblje ulje 3 % +laneno ulje 1 % riblje ulje 2 %+laneno ulje 1 %+repičino ulje 1 %	0,20	0,20	0,44
		0,36	1,00	5,27
		2,26	0,58	3,80
		2,32	0,45	3,38
Kralik i sur. (2008.a)	Sojino ulje 5 % Repičino ulje 1,5 % + riblje ulje 3,5 % Repičino ulje 3,5 % + riblje ulje 1,5 %	1,17	-	0,16
		2,31	0,22	2,64
		1,21	0,10	2,23
Kralik i sur. (2008.b)	Laneno ulje 1,5 % + riblje ulje 3,5 % Laneno ulje 2,5 % + riblje ulje 2,5 % Laneno ulje 3,5 % + riblje ulje 1,5 %	3,25	0,25	2,99
		4,33	0,20	2,35
		5,18	0,18	2,90
Oliveira i sur. (2010.)	Kontrola Sojino ulje 3,4 % Suncokretovo ulje 3,4 % Laneno ulje 3,4 %	0,232	-	0,536
		0,762	-	0,983
		0,312	-	0,532
		5,250	0,118	2,063
Gül i sur. (2012.)	Sojino ulje 2 % Repičino ulje 2 % Repičino ulje 4 % Repičino ulje 6 %	0,93	0,04	0,93
		0,51	0,68	0,71
		0,03	0,02	0,02
		0,84	1,15	1,55
Park i sur. (2015.)	Kontrola 2MAP 0,5 % MAP 1 %	12,02	0,09	0,70
		10,97	0,11	0,75
		8,83	0,09	0,88
Literatura	Hrana	mg/100 g žumanjka		
Ao i sur. (2015.)	Kontrola 3All-G-RichTM 1 % All-G-RichTM 2 % All-G-RichTM 3 %	-	-	248
		-	-	509
		-	-	717
		-	-	776
Literatura	Hrana	mg/100 g jaja		
Morales-Barrera i sur. (2013.)	Kontrola Ulje tune 0,75 % Ulje tune 1,50 % Ulje tune 2,25 % Ulje tune 3,00 %	142,78	3,25	124,36
		131,26	14,90	338,72
		117,04	23,79	419,50
		94,67	34,91	470,38
		81,13	47,69	591,18

¹MK masne kiseline²MAP- Prah mikroalge Schizochytrium³Komercijalni preparat s mikroalgama All-G-RichTM, koji sadrži 64% masti, 16% DHA i 11 % sirovih proteina, proizvodi Alltech Inc.

Tablica 3. Utjecaj tretmana i vremena analize na sadržaj selena u jajima (mg/kg uzorka)

Tretman	Vrijeme analize (dani)	Broj uzoraka	Bjelanjak	Žumanjak
A	14	5	0,0783e	0,5194
	26	5	0,0912bc	0,5283
B	14	5	0,0877c	0,5205
	26	5	1,0492ab	0,5547
C	14	5	1,1117a	0,5292
		5	1,1081a	0,6001
SEM			0,005	0,023
Izvor varijacije				
Tretman			<0,001	0,217
Vrijeme analize			0,043	0,054
Interakcija			0,114	0,412

Izvor: Kralik i sur. (2016.)

kon 14 i 28 dana hranidbe dizajniranim smjesama; Tablica 3.). Sadržaj selena u žumanjku jaja skupine C također je bio veći nego u skupinama B i A, ali razlika nije bila statistički značajna.

OBOGAĆIVANJE JAJA LUTEINOM I ZEAKSANTINOM

Lutein (lat. žuti) je prirodni-biljni pigment koji zajedno sa svojim izomerom zeaksantinom pripada ksantofilskoj skupini karotenoida. Ksantofili sadrže dvije hidroksilne skupine, po jednu na svakom kraju molekule, radi čega imaju veću polarnost u odnosu na ostale karotenoide (Golzar Adabi i sur., 2010.). Lutein i zeaksantin se uglavnom nalazi u lisatom povrću (kelj, raštika, špinat, salata), voću (mandarine) i žitaricama (kukuruz). Žumanjak jajeta je bogat izvor visoko biološki raspoloživih ksantofila, uključujući lutein i zeaksantin (Nimalaratne i sur., 2013.; Sommerburg i sur., 1998.). Kao i ostali karotenoidi lutein i zeaksantin su topivih u mastima, te se u crijevima ugrađuju u hilomikrone koji ga transportiraju do jetre. Poznato je da više od 50% luteina u krvi prenose lipoproteini velike gustoće (HDL), dok ostatak raspoloživog luteina bude transportiran lipoproteinima male gustoće (LDL) i vrlo male gustoće (VLDL; Wang i sur., 2007.). Iako žumanjak jajeta ne predstavlja najbolji izvor prehranbenog luteina, njegova bioiskoristivost u ljudskom organizmu je veća u odnosu na lutein iz biljnih izvora (Chung i sur., 2004.). Leeson i Caston (2004.) u istraživanju obogaćivanja kokošnjih jaja luteinom navode da dodatkom luteina u hranu za kokoši u koncentraciji od 375 ppm, sadržaj luteina raste sa 0,3 mg/60g jajeta na 1,5mg/60g jajeta. Hrana koju su koristili za hranidbu kokoši bila je sastavljena na bazi kukuruza i soje. Nadalje isti autori navode da dodatkom 500 ppm luteina u hranu na bazi kukuruznog gluteina i lucerne sadržaj luteina povećava na čak 2,2 mg/60g jajeta. U istraživanju Jang i sur. (2014.) koristili su tri

smjese za nesilice. Prva je bila standardna smjesa (kontrolna), u drugu smjesu su dodavali komercijalni lutein u količini od 40 mg/kg smjese, a u treću smjesu sirovi ekstrakt špinata otopljen u uljima s lecitinom te je sadržaj luteina također iznosio 40 mg/kg. Nesilice su hranili tako pripremljenom smjesama 5 tjedana. Nakon analize sadržaja luteina u jajima utvrđeno je da jaja skupine u koju je dodan komercijalni lutein imaju za otprilike četiri puta više luteina u odnosu na kontrolnu skupinu. Između pokusnih skupina nije utvrđena statistički značajna razlika u sadržaju luteina, međutim primjećuje se da jaja nesilica skupine koja je konzumirala smjesu s dodatkom komercijalnog luteina sadrži više luteina u jajima. Ovi rezultati sugeriraju da komercijalni lutein omogućuje učinkovitiji prijenos luteina iz hrane u žumanjak od ekstrakta špinata. U tablicama 4 i 5. prikazan je prosječan sadržaj luteina i zeaksantina u jajima korištenjem različite znanstvene literature. Povećanje sadržaja luteina u jajima moguće je i uporabom drugih prirodnih sastojaka bogatih luteinom. U istraživanju Hammershoj i sur., (2010.) nesilicama su u hranu dodali različite sorte mrkve. Sadržaj luteina u osmnoj smjesi iznosio je 2,9 mg/kg, dok je u sorti ljubičaste mrkve utvrđen sadržaj luteina 6,5 mg/kg. Sadržaj luteina u žumanjcima jaja kokoši koje su konzumirale smjesu s dodatkom ljubičaste mrkve povećao se za 64 % u odnosu na kontrolnu skupinu. Sadržaj luteina u žumanjcima kontrolne skupine iznosio je 7,46 µg/g a u pokusnoj skupini 12,23 µg/g. Važno je napomenuti da su istraživani učinci različitih postupaka kuhanja (ključanje, prženje, zagrijavanje u mikrovalnoj pećnici) na sadržaj ksantofila u žumanjcima jaja te je utvrđeno da termička obrada smanjuje sadržaj luteina i zeaksantina (Nimalaratne i sur., 2013.). Navedeni autori ističu da se sadržaj ukupnih-trans luteina u žumanjku smanjuje za 23 % ako se jaje kuha, za 19 % ukoliko se jaje prži i 17 % ukoliko se jaje zagrijava u mikrovalnoj pećnici.

Tablica 4. Sadržaj luteina i zeaksantina ($\mu\text{g}/100\text{g}$ suhe tvari) u sirovom jajetu i žumanjku

Jaje (sirovo)	Lutein	Zeaksantin	Literatura
Cijelo jaje (bjelanjak + žumanjak)	288	279	Perry i sur. (2009.)
Žumanjak	787	762	Perry i sur. (2009.)
Žumanjak	1282	640	Nimalaratne i sur. (2013.)
Žumanjak	1774	1021	Schlatterer i Breithaupt (2006.)
Žumanjak	810-3720	540-1120	Brulc i sur. (2013.)

Izvor: Zaheer, (2017.)

OBOGAĆIVANJE JAJA VITAMINIMA

Vitamini su esencijalni nutrijenti koje ljudi i životinje ne mogu sintetizirati već ih moraju uzimati putem hrane. Vitamini se dijele u dvije skupine: a) topivi u vodi (vitamini B kompleksa i vitamin C) i b) topivi u mastima (A, D, E i K vitamini). U istraživanju utjecaja vitamina E (α -tokoferola) na kvalitetu konzumnih jaja obogaćenih s n-3 dugolančanim masnim kiselinama Meluzzi i sur. (2000.) utvrdili su porast sadržaja α -tokoferola u žumanjcima sa $90,93\mu\text{g}/\text{g}$ žumanjka u kontrolnoj grupi, na $313,84\mu\text{g}/\text{g}$ žumanjka u grupi koja je u hranu dobivala $200\text{ mg}/\text{kg}$ μ -tokoferilacetata. Jiang i sur. (1994.) navode da se sadržaj α -tokoferola u žumanjcima jaja linearno povećavao s povećanjem tokoferola u smjesama za nesilice. Pal i sur. (2002.) u svom istraživanju navode da se sadržaj vitamina E u žumanjcima jaja udvostručuje ukoliko u smjesama za nesilice sadržaj vitamina E s $55\text{ IU}/\text{kg}$ hrane povećamo na $110\text{ IU}/\text{kg}$ hrane. U istraživanju utjecaja dodatka $100\text{ mg}/\text{kg}$ vitamina E, $200\text{ mg}/\text{kg}$ luteina, $0,5\text{ mg}/\text{kg}$ Se i 5% smjese ulja u hranu za nesilice i dužine kuhanja (0, 7 i 10 minuta) na boju žumanjka i kvalitetu kokošjih jaja ukazuju da dodatak vitamina E, luteina, selena i mješavine ulja statistički značajno utječu na intenzivniju boju svježih žumanjaka, dok kod kuhanih jaja boja postaje svjetlija (Kralik i sur., 2014.). Navedeni autori ističu da je kod kontrolne (B) skupine utvrđen manji trend opadanja boje žumanjaka u ovisnosti o dužini kuhanja jaja u odnosu na pokusnu (BK) skupinu ($B=s\ 12,00$ na $7,28$ odnosno $BK=s\ 14,42$ na $8,42$). Boja žumanjaka mjerena Minolta kolorimetrom CR 300 (L^*) bila je intenzivnija kod duže kuhanih jaja (tretman B), a posljedično tome kod istih žumanjaka smanjio se intenzitet crvenila (a^*), dok su vrijednosti žutila (b^*) bile ujednačene. Za razliku od gore spomenutog, kod tretmana BK intenzitet boje žumanjka (L^*) je varirao. Vrijednost L^* se smanjila kod jaja kuhanih 7 minuta, ali se kod jaja kuhanih 10 minuta značajno povećala u odnosu na svježja jaja ($L^*=59,24$, $L^*=48,12$ i $L^*=63,25$;

Tablica 5. Sadržaj luteina u jajima na tržištu Republike Hrvatske

Sadržaj luteina	Domaća jaja (free range)	Kavezni uzgoj (proizvođač 1)	Kavezni uzgoj (proizvođač 2)
$\mu\text{g}/\text{g}$ žumanjka	35,71	15,35	12,65
$\text{mg}/100\text{g}$ žumanjka	3,57	1,54	1,27
$\text{mg}/60\text{ g}$ jajeta	0,55	0,24	0,20
$\text{mg}/60\text{ g}$ jajeta	0,55	0,24	0,20

Izvor: Grčević i sur. (2014.)

$P<0,001$). Kod žumanjaka BK tretmana vrijednosti a^* i b^* , ovisno o dužini kuhanja jaja prate trend povećanja ($P<0,001$). Mori i sur. (2003.) navode da je koncentracije retinola u žumanjku jajeta bile značajno povećana s povećanjem vitamina A u smjesama za nesilice. Kontrolna skupina nesilica konzumirala je hranu bez dodatka vitamina A, P1 s dodatkom $15\ 000\text{ IU}$ vitamina E / kg hrane i P2 s dodatkom $30\ 000\text{ IU}$ vitamina E / kg hrane. U žumanjcima jaja utvrđen je sadržaj retinola u kontrolnoj skupini $24,6\text{ IU}/\text{g}$ odnosno $P1=33,6\text{ IU}/\text{g}$ i $P=37,7\text{ IU}/\text{g}$.

ZAKLJUČAK

Među različitim prehranbenim proizvodima koji konzumacijom osiguravaju esencijalne hranjive tvari u organizmu, jaje nedvojbeno zauzima posebno mjesto, jer je ono bogat i uravnotežen izvor važnih amino kiselina i masnih kiselina, minerala i vitamina. Uporabom posebne tehnologije proizvodnje konzumnih jaja, korištenjem posebno dizajniranih smjesa za nesilice, moguće je proizvesti jaja obogaćena omega-3 masnim kiselinama, selenom, luteinom, zeaksantinom, vitaminima E i A. Konzumacijom hrane u kojoj je povećan sadržaj funkcionalnih sastojaka, moguće je preventivno djelovati na pojavu bolesti kod ljudi. Kako je danas svijest o prehrani na vrlo visokoj razini, inovacije u proizvodnji hrane su vrlo aktualne, a kupovina i konzumacija funkcionalnih proizvoda mogla bi biti sve učestalija među potrošačima svih dobi.

LITERATURA

- Ao, T., L.M. Macalintal, M.A. Paul, A.J. Pescatore, A.H. Cantor, M.J. Ford, B. Timmons, K.A. Dawson (2015): Effects of supplementing microalgae in laying hen diets on productive performance, fatty-acid profile, and oxidative stability of eggs. *J. Appl. Poult. Res.* 24(3): 394-400.
- Brulc, L., B. Simonovska, I. Vovk, V. Glavnik (2013): Determination of egg yolk xanthophylls by isocratic high

performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1318: 134-141.

Ceylan, N., I. Ciftci, C. Mizrak, Z. Kahraman, H. Efil (2004): Effects of dietary oil sources included in 2 levels on performance of laying hens and the fatty acid and cholesterol composition of eggs. Book of abstracts. XXII World's poultry congress. Istanbul, Turkey. 362.

Cherian, G., J.S. Sim (1991): Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty-acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poultry Science*, 70: 917-922.

Chung, H.Y., H.M. Resmussen, E.J. Johnson (2004): Lutein bioavailability is higher from lutein-enriched eggs than from supplements and spinach in men. *The Journal of Nutrition*, 134: 1887-1893.

Farrell, D. J. (1998): Enrichment of hen eggs with n-3 long-chain fatty acids and evaluation of enriched eggs in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68(3): 538-544.

Ferrier, L., L. Caston, S. Leeson, E. J. Squires, B. Celi, L. Thomas, B.J. Holub (1992). Changes in serum lipids and platelet fatty acid composition following consumption of eggs enriched in alpha-linolenic acid (LnA). *Food Research International*, 25(4): 263-268.

Ferrier, L.K., L.J. Caston, S. Leeson, J. Squires, B.J. Weaver, B.J. Holub (1995). Alpha-linolenic acid-and docosahexaenoic acid-enriched eggs from hens fed flaxseed: Influence on blood lipids and platelet phospholipid fatty acids in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62(1): 81-86.

Golzar Adabi, S.H., M.A. Kamali, J. Davoudi, R.G. Cooper, A. Hajbabaee (2010): Quantification of lutein in egg following feeding hens with a lutein supplement and quantification of lutein in human plasma after consumption of lutein enriched eggs. *Arch.Geflügelk.*, 74(3): 158-163.

Grčević, M., Z. Kralik, G. Kralik, Ž. Radišić, H. Mahmutović (2014.): Increase of the lutein content in hens' eggs. *Proceedings of the International Symposium on Animal Science* (ISBN: 978-86-7834-199-1) 23-25 September, Beograd-Zemun, str. 637-642.

Gül, M., M.A. Yöruk, T. Aksu, A. Kaya, Ö. Kaynar (2012): The effect of Different levels of canola oil on performance, egg shell quality and fatty acid composition of laying hens. *International Journal of Poultry Science* 11(12): 769-776.

Hammershoj, M., U. Kidmose, S. Steinfeldt (2010): Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of coloured carrot (*Daucus carota*) varieties as forage material for egg-laying hens. *J. Sci. Food. Agric.*, 90: 1163-1171.

Jang, I., Y. Ko, S. Kang, S. Kim, M. Song, K. Cho, J. Ham, S. Sohn (2014): Effects of Dietary Lutein Sources on Lutein-Enriched Egg Production and Hepatic Antioxidant System in Laying Hens. *J. Poult. Sci.*, 51: 58-65

Jiang, Y.H., R.B. McGeachin, C.A. Bailey (1994): Alpha-tocopherol, beta-carotene, and retinol enrichment of chicken eggs. *Poultry Science* 1; 73(7): 1137-1143.

Kralik, G., Z. Škrčić, Z. Kralik, D. Hanžek (2007): Utjecaja različitih ulja u hrani za nesilice na kakvoću jaja i sadržaj masnih kiselina u žumanjcima jaja. *Krmiva*, 49(3): 115-125.

Kralik, G., Z. Škrčić, P. Suchy, E. Strahova, Z. Gajčević (2008a): Feeding fish oil and linseed oil to laying hens to increase the n-3 PUFA of egg yolk. *Acta Veterinaria* 77(4): 561-568.

Kralik, G., Z. Gajčević, Z. Škrčić (2008b): The effect of different oil supplementations on laying performance and fatty acid composition of egg yolk. *Italian Journal of Animal Science* 7: 173-183.

Kralik, G., Z. Gajčević, P. Suchý, E. Straková, D. Hanžek (2009): Effects of Dietary Selenium Source and Storage on Internal Quality of Eggs. *Acta Vet. Brno*, 78: 219-222.

Kralik, G., Kralik, Z., Grčević, M., Škrčić, Z. (2012): Obožavanje peradarskih proizvoda funkcionalnim sastojcima. *Poljoprivreda*, 18(1): 52-59.

Kralik, Z., Ž. Radišić, I. Kralik, G. Kralik, M. Grčević (2014): Effect of treatment and cooking length on yolk color and egg quality. *Proceedings of the International Symposium on Animal Science* (ISBN: 978-86-7834-199-1), str. 624-629.

Kralik, Z., M. Grčević, Ž. Radišić, I. Kralik, Z. Lončarić, Z. Škrčić (2016): Effect of selenium-fortified wheat in feed for laying hens on table eggs quality. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22 (2): 297-302.

Leeson, S., Caston, L. (2004): Enrichment of Eggs with Lutein. *Poultry Science*. 86: 1709-1712.

Magdelaine, P. (2011): Egg and egg product production and consumption in Europe and the rest of the world. Improving the safety and quality of eggs and egg products: egg chemistry production and consumption, A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 207: 3-16.

Meluzzi, A., F. Sirri, G. Manfreda, N. Tallarico, A. Franchini (2000): Effects of dietary vitamin E on the quality of table eggs enriched with n-3 long-chain fatty acids. *Poultry Science*, 79: 539-545.

Miranda, J.M., X. Anton, C. Redondo-Valbuena, P. Roca-Saavedra, J.A. Rodriguez, A. Lamas, C.M. Franco, A. Cepeda (2015): Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use as Functional Foods. *Nutrients*, 7: 706-729.

Morales-Barrera, J.E., M.J. Gonzalez-Alcorta, R.M. Castillo-Dominguez, O.F. Prado-Rebolledo, J.L. Vazquez, X. Hernandez-Velasco, G. Tellez, A. Menconi, B.M. Hargis, S. Carrillo-Dominguez (2013): Effect of Time and Fatty Acid Composition in Eggs of White Leghorn Hens Supplemented with Tuna Oil. *Food and Nutrition Sciences*, 4: 39-44.

Mori, A.V., C.X. Mendonca Jr, C.R.M. Almeida, M.C.G.

Pita (2003): Supplementing Hen Diets with Vitamins A and E Affects Egg Yolk Retinol and α -Tocopherol Levels. *J. Appl. Poult. Res.* 12: 106–114.

Nimalaratne, C., J. Wu, A. Schieber (2013): Egg yolk carotenoids: Composition, analysis, and effects of processing on their stability. In P. Winterhalter & S.E. Ebeler (Eds.), *Carotenoid cleavage products*, chapter 18 (pp. 219–225). Oxford: ACS Publications, Oxford University Press.

Oliveira, D. D., N.C. Baião, S.V. Cançado, R. Grimaldi, M.R. Souza, L.J.C. Lara, A.M.Q. Lana (2010): Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks¹. *Poultry Science*, 89: 2484–2490.

Omidi, M., S. Rahimi, M.A.K. Torshizi (2015): Modification of egg yolk fatty acids profile by using different oil sources. *Vet. Res. Forum.* 6(2): 137-141.

Pal, L., K. Dublecz, F. Husveth, L. Wagner, A. Bartos, G. Kovacs (2002): Effect of dietary fats and vitamin E on fatty acid composition, vitamin A and E content and oxidative stability of egg yolk. *Archiv fur Geflugelkunde*, 66(6): 251-257.

Pan, C., K. Huang, Y. Zhao, S. Qin, F. Chen, Q. Hu (2007): Effect of selenium source and level in hen's diet on tissue selenium deposition and egg selenium concentrations. *J Agric Food Chem.* 55(3): 1027-1032.

Park, J.H., S.D. Upadhaya, I.H. Kim (2015): Effect of Dietary Marine Microalgae (*Schizochytrium*) Powder on Egg Production, Blood Lipid Profiles, Egg Quality, and Fatty Acid Composition of Egg Yolk in Layers. *Asian-Australas J Anim Sci.*, 28(3): 391-397.

Payne, R.L., T.K. Lavergene, L.L. Southern (2005): Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration. *Poultry Science*, 84(2): 232–237.

Perry, A., H. Rasmussen, E.J. Johnson (2009): Xantho-

phyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 9–15.

Schlatterer, J., D.E. Breithaupt (2006): Xanthophylls in commercial egg yolks: Quantification and identification by HPLC and LC-(APCI) MS using a C30 phase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 2267–2273.

Simopoulos, A.P. (2016): An Increase in the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio Increases the Risk for Obesity. *Nutrients*, 8(3): 128.

Sommerburg, O., J. Keunen, A. Bird, F.J.G.M van Kuijk (1998): Fruits and vegetables that are sources for lutein and zeaxanthin: the macular pigment in human eyes. *British Journal of Ophthalmology*, 82(8): 907-910.

Surai, P.F., N.H.C. Sparks (2001): Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends Food Sci. Tech.* 12: 7-16.

Świątkiewicz, S., A. Rczewska-Włosek, D. Józefiak (2014): The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*, 70: 475-485.

Wang, J., H. Yue, S. Wu, H. Zhang, G. Qi (2017): Nutritional modulation of health, egg quality and environmental pollution of the layers. *Animal Nutrition*, 3(2): 91-96.

Wang, W., S.L. Connor, E. Johnson, M.L. Klein, W.E. Connor (2007): Effect of Dietary Lutein and Zeaxanthin Plasma Carotenoids and Their Transport in Lipoproteins in Age-Related Macular Degeneration. *American Journal of Clinical Nutrition*, 85:762-769.

Zaheer, K. (2017): Hen egg carotenoids (lutein and zeaxanthin) and nutritional impacts on human health: a review. *CYTA- Journal of Food*, 15(3): 474-487.

Dostavljeno: 23.10.2017.

Prihvaćeno: 12.12.2017.

Feed influence on quality and egg enrichment by functional ingredients

SUMMARY

Eggs are valuable source of proteins, fat and microelements which play a significant role in basic human diet. Egg production and consumption in the world has decreasing in the last decade. The egg consumption has been connected for a long time with unfavourable effects for human health, mostly due to cholesterol content. However, today, it is known that many other factors influence the cholesterol level in human serum (genetic predisposition, hormonal status, diet and so on), and not only egg cholesterol. Today, food used in everyday meal does not only serve for providing necessary nutrients, but it can also help in preventing illnesses connected with diet (better immunological status, decreased risk of cardiovascular disease, eyesight protection, and similar). By a special technology in the production of table eggs it is possible to increase the content of some functional ingredients in eggs like omega-3 fatty acids, selenium, lutein, zeaxanthin and vitamins E and A. This paper offers a short overview of the influence of table egg manufacturing technology (laying hens feed) on quality and egg enrichment by functional ingredients.

Key words: eggs, laying hens, food, functional ingredients

Auswirkung der Fütterung auf die Qualität und anreicherung von Eiern mit funktionalen Bestandteilen

ZUSAMMENFASSUNG

Eier stellen eine wertvolle Quelle von Proteinen, Fetten und Mikronährstoffen dar, die in der menschlichen Ernährung eine bedeutende Rolle spielen. Die Produktion und der Verbrauch von Eiern sind in den letzten Jahrzehnten weltweit gestiegen. Lange Zeit wurde der Eierkonsum mit ungünstigen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit in Verbindung gebracht, vorwiegend wegen seines Cholesteringehalts. Heutzutage ist aber bekannt, dass sich andere Faktoren (genetische Prädisposition, hormoneller Status, Ernährung, usw.) mehr auf die Cholesterinwerte im Serum auswirken als das Cholesterin aus Eiern. Lebensmittel, die heutzutage täglich verbraucht werden, dienen nicht nur dazu, den Körper mit den notwendigen Nährstoffen zu versorgen, sondern der Vorbeugung von Krankheiten, die mit der Ernährung in Verbindung gebracht werden (besserer immunologischer Status, geringeres Risiko für Herz- und Gefäßkrankheiten, Aufrechterhaltung des Sehvermögens, usw.). Anhand einer speziellen Technologie bei der Produktion von Konsumeiern besteht die Möglichkeit, den Anteil bestimmter Bestandteile wie Omega-3-Fettsäuren, Selen, Lutein, Zeaxanthin, Vitamin E und Vitamin A zu erhöhen. In dieser Arbeit wird ein kurzer Überblick über den Einfluss der Technologie bei der Produktion von Konsumeiern (Fütterung von Legehennen) auf die Qualität von Eiern und ihre Anreicherung mit funktionalen Bestandteilen dargestellt.

Schlüsselwörter: Eier, Legehenne, Ernährung, funktionale Bestandteile

La influencia del alimentación sobre la calidad y el enriquecimiento De los huevos con los ingredientes funcionales

RESUMEN

Los huevos son una fuente valiosa de proteínas, grasas y microelementos que tienen un papel importante en la dieta básica de los humanos. La producción y el consumo de los huevos en el mundo está creciendo en la última década. El consumo de los huevos fue conectado con los efectos desfavorables sobre la salud humana por mucho tiempo, principalmente por el contenido de colesterol. Pero hoy sabemos que otros factores influyen más (predisposición genética, estado hormonal, la dieta etc.) sobre el nivel del colesterol en el suero humano y no solamente el colesterol de los huevos. Hoy, los alimentos que consumimos en la comida cada día no tienen la sola función de proveer con los nutrientes, sino pueden ayudar a los consumidores con los problemas conectados con la dieta (mejor estado inmune, reducido riesgo de enfermedades cardiovasculares, preservación de la vista etc.). Con las tecnologías especiales en la producción de los huevos de consumo es posible aumentar el contenido de algunos ingredientes funcionales en los huevos, como los ácidos grasos omega 3, selenio, luteína, zeaxantina y las vitaminas E y A. Este trabajo ofrece una revisión corta de la influencia de la tecnología de la producción de los huevos de consumo (alimentación de las gallinas ponedoras) sobre la calidad y el enriquecimiento con los ingredientes funcionales.

Palabras claves: huevos, gallinas ponedoras, comida, ingredientes funcionales

L'impatto dell'alimentazione sulla qualità e l'arricchimento delle uova con elementi funzionali

RIASSUNTO

Le uova sono una preziosa fonte di proteine, grassi e microelementi che giocano un ruolo importante nell'alimentazione di base dell'uomo. La produzione e la consumazione delle uova nel mondo, negli ultimi decenni, sono in aumento. Per lungo tempo le uova sono state accusate di incidere negativamente sulla salute umana, in particolare per il loro contenuto di colesterolo. Tuttavia, oggi è noto che sul livello di colesterolo nel siero sanguigno umano incidono molti altri fattori (come la predisposizione genetica, lo stato ormonale, il tipo di alimentazione, ecc.) e non soltanto il colesterolo contenuto nelle uova. Oggigiorno gli alimenti che si utilizzano quotidianamente non sono destinati soltanto a fornire all'organismo umano le sostanze nutritive di cui ha bisogno, ma possono aiutare chi li consuma a prevenire l'insorgere di determinate malattie legate all'alimentazione (rendendo migliore il sistema immunitario, riducendo il rischio delle malattie cardiovascolari, preservando la vista, ecc.). Utilizzando una speciale tecnologia, nella produzione di uova fresche è possibile aumentare il contenuto di alcuni elementi funzionali quali gli acidi grassi omega-3, il selenio, la luteina, la zeaxantina e le vitamine E e A. Questo studio offre un breve quadro dell'impatto della tecnologia di produzione delle uova fresche sulla qualità e sull'arricchimento delle uova con elementi funzionali.

Parole chiave: uova, galline ovaiole, cibo, elementi funzionali