

OBOGAĆIVANJE JAJA S PUFA n-3

ENRICHMENT OF EGGS WITH PUFA n-3

Z. Škrtić, Gordana Kralik, Zlata Gajčević

Pregledno znanstveni članak

UDK: 637.4.02

Primljeno: 12. svibanj 2006.

SAŽETAK

Jaja su odličan izvor lako probavljivih bjelančevina za ljude. Međutim, visoki sadržaj kolesterola u žumanjku i povećana briga za zdravlje ljudi utjecali su na smanjenje potrošnje jaja u ljusci u razvijenim zemljama. U budućnosti, povećanje potrošnje jaja u ljusci bit će moguće ostvariti proizvodnjom tzv. «nutraceutika» ili «funkcionalne hrane». Korištenjem nesilica kao «bioreaktora» moguće je dizajnirati jaja koja se po svom sastavu značajno razlikuju od konzumnih jaja dostupnih na tržištu.

Obogaćivanje jaja s PUFA n-3 postiže se korištenjem krmiva biljnog i životinjskog podrijetla u hranidbi nesilica. Upotrebom proizvoda od uljane repice i lana u krmnim smjesama za nesilice značajno se povećava sadržaj α -linolenske (LNA, C18:3n-3) kiseline. Nesilice imaju vrlo ograničenu mogućnost elongiranja i desaturacije LNA u eikozapentaensku (EPA, C20:5n-3) i dokozaheksensku (DHA, C22:6n-3) kiselinu. Krmiva podrijetlom od morskih organizama (alge, ribe) utječu na povećanje sadržaja poželjnih EPA i DHA u žumanjcima jaja. Prema većini organoleptičkih svojstava, jaja obogaćena s PUFA n-3 ne razlikuju se od jaja proizvedenih na konvencionalan način, iako je u nekim istraživanjima utvrđen nepoželjan miris po ribljem ulju.

Ključne riječi: nesilice, jaja, PUFA n-3, PUFA n-6, EPA i DHA

UVOD

Jaje sadrži sve potrebne hranjive tvari za razvoj embrija pileta i smatra se izvrsnom hranom za ljude. Jaje je odličan izvor bjelančevina, vitamina i masti visoke kakvoće, kao što su fosfolipidi i polinezasićene masne kiseline (PUFA). Hranidbenim tretmanima gotovo je nemoguće promijeniti sadržaj ukupnih bjelančevina i aminokiselina (Meluzzi i sur., 2000.). Međutim, korištenjem različitih krmiva u obrocima za nesilice relativno je lako manipulirati sa sadržajem lipida, masnih kiselina, vitamina topivih u mastima i mineralima. Profil masnih kiselina, osobito

PUFA, u žumanjcima jaja pod visokim je utjecajem profila masnih kiselina iz hrane.

PUFA se u ljudskom organizmu konvertiraju u eikozanoide (prostaglandine, tromboksane i leukotriene). Eikozanoidi su aktivni sudionici mnogih fizioloških procesa. Eikozapentaenska (EPA, C 20:5n-3) i dokozaheksaenska (DHA, C 22:6n-3) kiselina imaju važnu ulogu u snižavanju krvnog tlaka,

Doc. dr. sc. Zoran Škrtić, prof. dr. sc. dr. h. c. Gordana Kralik i Zlata Gajčević, dipl. inž. - Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Zavod za specijalnu zootehniku, Katedra za peradarstvo, svinjogojstvo i biometriku, Osijek, Hrvatska - Croatia.

reduciranju nastajanja ugrušaka, srčanoj aritmiji i razini plazmatskih triglicerida, kao i značajan utjecaj na imunološki sustav te na prevenciju nastanka kardiovaskularnih bolesti (Ollis i sur., 1999.).

Potrošnja jaja u ljusci značajno je opala zbog pogrešnog mišljenja kako kolesterol iz žumanjka ima negativan utjecaj na ljudsko zdravlje. Nove spoznaje o metabolizmu kolesterola upućuju na činjenicu da kod većine ljudi kolesterol iz jaja ne utječe na povećanje sadržaja kolesterola u ljudskom organizmu (Marshall i sur., 1994.; Cherian i Sim, 1996.). Povećanje potrošnje jaja u ljusci moguće je ostvariti proizvodnjom tzv. «nutraceutika» ili «funkcionalne hrane». Dizajniranje jaja, koja se po svom nutritivnom sastavu značajno razlikuju od konzumnih jaja dostupnih na tržištu, moguće je uz pomoć nesilica kao «bioreaktora». Jaja obogaćena s PUFA n-3 predstavljaju veliki doprinos povećanom dnevnom unosu masnih kiselina povoljnih za zdravlje ljudi.

Obogaćivanje jaja s PUFA n-3 predstavlja veliki izazov znanstvenicima. Korištenje krmiva bogatih s PUFA n-3 u hrani za nesilice, može se loše odraziti na proizvodna obilježja nesilica i na težinu jaja i žumanjka (Sari i sur., 2001.) te na senzorska obilježja kao što su neprihvatljiv miris i okus (Jiang i sur., 1992.; Van Elswyk i sur., 1995.). U radu je istaknuta važnost PUFA n-3 u prehrani ljudi i dosadašnje spoznaje o obogaćivanju jaja s PUFA n-3.

VAŽNOST PUFA n-3 U PREHRANI LJUDI

U prehrani ljudi glavni izvor omega-3 masnih kiselina su biljna ulja i riba. Biljna ulja glavni su izvor α -linolenske (LNA, C18:3n-3) kiseline. LNA je također prisutna u kloroplastima zelenih lisnatih biljaka, kao što je npr. špinat te u sjemenkama repice, lana, oraha, itd. (Simopoulos, 1989.). Humani nutricionisti ističu da repičino ulje ima najbolji omjer poželjnih masnih kiselina, najniži udio zasićenih masnih kiselina (SFA, 7%), relativno visok udio mononezasićenih kiselina (MUFA, 60%, uglavnom oleinske kiseline – OA, C 18:1n-9) i visok udio polinezasićenih kiselina (PUFA: 22% linolne kiseline, LN i 11% LNA). Ostali manje značajni izvori omega-3 masnih kiselina su različite sjemenke, voće, jaja i meso. Riba je glavni izvor eikozapentaenske kiseline (EPA, C20:5 n-3) i dokozaheksaenske kiseline

(DHA, C22:6 n-3). U literaturi se EPA i DHA spominju još i pod nazivima timnodonska odnosno cervonska kiselina (Simopoulos, 1989.).

Prema povijesnim istraživanjima, poznato je kako je čovjek promijenio navike u prehrani, koja je bila u početku siromašna zasićenim mastima i sadržavala je podjednake omjere PUFA n-3 i PUFA n-6. Tijekom posljednjih 10.000 godina s razvojem poljoprivrede nastale su velike promjene s obzirom na način prehrane ljudi, osobito za vrijeme proteklih 100-150 godina. Naglo se povećala potrošnja zasićenih masti podrijetlom od stoke hranjene žitaricama, povećala se potrošnja trans-masnih kiselina podrijetlom iz hidrogeniranih biljnih ulja te se značajno povećala potrošnja PUFA n-6 (za oko 30 g dnevno) zbog proizvodnje biljnih ulja (Leaf i Waber, 1987.). Povećanje potrošnje mesa dovelo je do povećanja unosa arahidonske kiseline (AA, C20:4n-6) za oko 0,2 do 1,0 mg po danu (Phinney i sur., 1990.). Smanjenje dnevnog unosa u organizam PUFA n-3 rezultiralo je povećanjem omjera PUFA n-6/PUFA n-3.

Potrošnja PUFA n-3 je nedostatna zbog smanjene konzumacije ribe i hranidbe stoke žitaricama koje obiluju s PUFA n-6, čime se proizvodi meso bogato PUFA n-6 i siromašno PUFA n-3. Slično se odnosi i na industrijsku proizvodnju riba i jaja peradi (Simopoulos i Salem, 1989.). Čak i kultivirane biljke sadrže manje PUFA n-3 nego divlje biljke (Simopoulos i Salem, 1986.). Kod suvremenih ljudi u razvijenim zemljama u obrocima omjer PUFA n-6/PUFA n-3 je 20-30/1, u odnosu na 1-4/1 prije 10.000 godina (Calvani i Benatti, 2003.). Na tablici 1. prikazani su omjeri PUFA n-6/PUFA n-3, koje je sadržavala hrana kod različitih populacija.

U Europi se procjene za minimalnim potrebama esencijalnih masnih kiselina (EFA) čovjeka uglavnom temelje na "Report of the Panel on Dietary Reference Values of the Committee on Medical Aspects of Food Policy", u kojem se preporuča dnevni unos LA i LNA u količinama od 1% i od 0,2-0,5% od ukupnog unosa energije u organizam (FAO/WHO, 1994.; British Nutrition Foundation, 1992.). U SAD-u do danas nema službenih preporuka s obzirom na unos pojedinačnih masnih kiselina. Međutim, Etherton i sur. (2000.) preporučuju da bi ukupan unos PUFA trebao ostati na razini od 7% energije, odnosno da

ne bi trebao biti veći od 10% od ukupnog unosa energije. U Japanu, unatoč trenutno povoljnom omjeru PUFA n-6/PUFA n-3 u prehrani čovjeka kod mlade generacije primijećen je trend povećanja potrošnje PUFA n-6 (Sugano i Hirata, 2000.), što je posljedica povećane potrošnje tzv. "Fast food" hrane.

Nekoliko zemalja i zajednica država donijelo je preporuke ne samo za apsolutnu količinu potrošnje PUFA, nego, također, i za balansirani unos PUFA n-6 i PUFA n-3 (tablica 2.).

Različite vrste proizvoda bogatih PUFA n-3 nalaze se na tržištima u svijetu. Calvani i Benatti (2003.) istražili su učinkovitost omega-3 etil estera u odnosu na re-esterificirane trigliceride omega-3 masnih kiselina. Pripravci su uzeti oralno i testirani na 24 zdrave osobe. Rezultati upućuju na veću razinu EPA, DHA i PUFA n-3 u plazmi kod skupine koja je tretirana s re-esterificiranim PUFA n-3 (tablica 3.). Navedeno istraživanje upućuje na činjenicu da prilikom odabira pripravaka bogatog PUFA n-3 važnu ulogu imaju sastav i kemijska čistoća proizvoda.

Tablica 1. Omjeri PUFA n-6/PUFA n-3 u hrani kod različitih populacija ljudi (Calvani i Benatti, 2003.)

Table 1. PUFA n-6/PUFA n-3 ratio in food in different populations (Calvani and Benatti, 2003)

Populacija – Population	PUFA n-6/PUFA n-3	Literatura – References
Paleolitik – Paleolithic	0,79	Eaton i sur., 1998.
Grčka prije 1960. – Greece before 1960	1,00-2,00	Simopoulos, 1998.
Sadašnja Grčka – Present Greece	1,10-2,10	Simopoulos, 2001.
Sadašnji SAD – Present U.S.A,	16,74	Simopoulos, 1998.
Sadašnja Vel. Britanija i sjev. Europa Present Great Britain and north Europe	15,00	Sanders, 2000.
Sadašnji Japan - Present Japan	4,00	Sugano i Hirata, 2000.

Tablica 2. Preporučene vrijednosti potrošnje masti i masnih kiselina (u % od ukupnog unosa energije) u svijetu (Sugano i Hirata, 2000.)

Table 2. Recommended values of fat and fatty acid consumption (in % of total energy daily intake) world-wide (Sugano and Hirata, 2000)

Zemlja ili organizacija State or organization	Ukupna mast Total fat	Ukupno PUFA Total PUFA	LA	LNA	EPA+ DHA	n-6/ n-3
Sjevernoatlantska organizacija (1989.) Northatlantic organization (1989)	20-28	6-7	4,8	1,0	0,27	4
Nordijske zemlje (1989.) Nordic states (1989)	20-30	-	3-10	0,5	-	-
WHO (1990)	15-30	3-7, ≤10	-	-	-	-
Kanada (1990.) - Canada (1990)	30*	≥3,5	≥3	≥0,5	-	4-10
EU (1991.)	33	6	≥1	≥0,2	-	-
FAO (1994.)	15-35	-	4-10	-	-	5-10
Japan (1995.)	20-25	7-8	-	-	-	4

* unos SFA trebao bi iznositi ≤10% od ukupne energije

Tablica 3. Koncentracija i iskoristivost različitih izvora PUFA n-3 (Calvani i Benatti, 2003.)**Table 3. Concentration and utilization of different PUFA n-3 sources (Calvani and Benatti, 2003)**

Tip ulja - Oil type	% koncentracije PUFA n-3 % of PUFA-n_3 concentration	% iskoristivosti % of utilization
Riblje ulje - Marine oil	25-30	74-100
Omega-3 PUFA etil esteri - Omega-3 PUFA ethyl esters	do 85	21-57
Slobodne masne kiseline - Free fatty acids	do 65	51
Re-esterificirani trigliceridi - Re-esterificied triglycerides	min. 70-75	98

OBOGAĆIVANJE JAJA S PUFA n-3

Povećanje sadržaja PUFA n-3 u žumanjcima jaja postiže se korištenjem krmiva biljnog i životinjskog podrijetla u hranidbi nesilica. Najčešća korištena krmiva su laneno sjeme i ulje, repičino ulje, morske alge, ulje podrijetlom od morskih organizama i riblje ulje. Biljna ulja utječu na smanjenje sadržaja PUFA n-6/PUFA n-3 preko omjera LNA/LA (Caston i Leeson, 1990.; Cherian i Sim, 1991.), dok se korištenjem krmiva i ulja životinjskog podrijetla poboljšava omjer DHA/AA (Hargis i sur., 1991.; Meluzzi i sur., 2000.). Profil masnih kiselina u žumanjcima jaja ovisi o korištenim krmivima u obrocima za nesilice, podrijetlu i dobi nesilica te razdoblju nesivosti (Meluzzi i sur., 1995.; Ayerza i Coates, 2000.). Najkvalitetniji profil masnih kiselina u jajima obogaćenih s PUFA n-3 postiže se korištenjem različitih kombinacija biljnih i životinjskih krmiva. Sadržaj SFA najmanje je osjetljiv na manipuliranje sadržajem masnih kiselina u žumanjcima jaja (Naber, 1979.).

Barlow i sur. (1990.) ističu kako bi hrana za ljude u razvijenim zemljama trebala sadržavati 3 g ukupnih PUFA n-3 dnevno. Prema navedenim autorima, ukupni unos EPA, DPA (dokoza-pentaenska, C 22:5n-3) i DHA trebao bi biti barem 1 g dnevno. AECL (2006.) preporučuje dnevni unos 2,85 g PUFA n-3 (2,22g LNA i 0,65g EPA+DHA). Već s malim količinama (jedan ili dva obroka plave ribe tjedno) djeluje se preventivno u odnosu na obroke bez ribe (Kris-Etherton i sur., 2001.). Međutim, ljudi u razvijenim zemljama nerado jedu ribu, osobito plavu i stoga pristup u kojem se savjetuje konzumacija ribe 1-2 puta tjedno neće postići željene rezultate za povećanim unosom PUFA n-3 (AECL, 2006.).

Kang i sur. (2001.) su korištenjem lana (17%) i ribljeg ulja (2%) u obrocima za nesilice postigli omjer

između PUFA n-6/PUFA n-3 u žumanjcima jaja otprilike 1:1 (10,1%:10,3%). Sadržaj LNA bio je 6,4%, EPA 0,6% i DHA 2,8%.

Sari i sur. (2001.) proveli su obogaćivanje sadržaja PUFA n-3 u jajima upotrebom lanenog sjemena u obrocima za nesilice u količini od 0%, 5%, 10% i 15%. Korištenjem lanenog sjemena u hrani za nesilice smanjila se ($P < 0,05$) potrošnja hrane, težina jaja i žumanjka kao i razina kolesterola u krvnom serumu i žumanjcima u odnosu na kontrolnu skupinu (0%). Laneno sjeme u hrani za nesilice utjecalo je na povećanje ($P < 0,05$) konverzije hrane i proizvodnju jaja. Sadržaj LNA u žumanjcima jaja linearno se povećavao dodavanjem lanenog sjemena u hranu za nesilice (1,80%, 7,07%, 8,35% i 12,20% LNA u žumanjcima pri udjelu lanenog sjemena u obrocima od 0%, 5%, 10% i 15%). Galobart i sur. (2002.) utvrdili su povoljniji sadržaj SFA (29,83%:32,27%), MUFA (43,36%:38,80%) i EPA+DHA (1,57%:0,73%) kod nesilica hranjenih dodatkom lanenog u odnosu na suncokretovo ulje.

Repičino ulje utječe na povećanje sadržaja LNA u žumanjcima jaja i smanjivanje omjera PUFA n-6/PUFA n-3 preko omjera LA/LNA (Mirghelenj i sur., 2004.). Dodavanje repičinog ulja u obroke za nesilice može se loše odraziti na obilježja kakvoće jaja, kao što su indeks žumanjka, debljina ljuske i haugh-ove jedinice (Cherian i Sim, 1991.; Schneideler i sur., 1997.).

Sjemenke čie (*Salvia hispanica* L) u latinoameričkim zemljama također su se pokazale pogodne u cilju povećanja sadržaja PUFA n-3 u jajima. Ayerza i Coates (2000.) promatrali su utjecaj 0%, 7%, 14%, 21% i 28% sjemena čie dodanog u hranu za nesilice na sadržaj kolesterola i sastava masnih kiselina u žumanjcima jaja kod smeđih i bijelih nesilica podrijetlom H&N (lokalni hibrid). Manji udio kolesterola u

jajima zabilježen je kod nesilica hranjenih dodatkom čie u količini od 14%, 21% i 28%. Ukupni sadržaj PUFA n-3 bio je veći ($P < 0,05$) u jajima nesilica hranjenih dodatkom u odnosu na skupinu bez čie. Autori ističu tendenciju većeg sadržaja PUFA n-3 u žumanjcima jaja kod bijelih u odnosu na smeđe nesilice.

Dodavanjem ribljeg ulja u količini od 3%-7% u hranu za nesilice utvrđen je udio PUFA n-3 veći od 200 mg u žumanjku (Hargis i sur. 1991). Meluzzi i sur. (2000.) navode kako je dodavanjem 3% ribljeg ulja u hranu za nesilice sadržaj EPA bio 19,53 mg/jajetu, dok je sadržaj DHA bio 143,70 mg/jajetu.

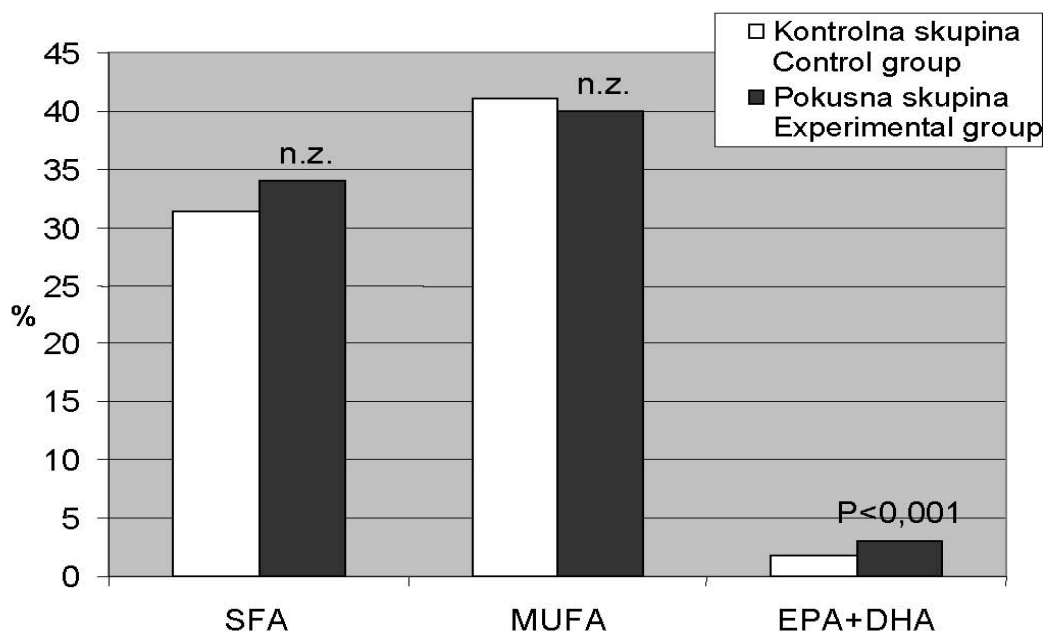
Gonzales-Esquerria i Leeson (2000.) istraživali su utjecaj ribljeg ulja (0%, 2%, 4% i 6%) u hrani na proizvodna obilježja i sastav masnih kiselina u jajima nesilica. Težina jaja linearno se smanjivala s povećanjem udjela ribljeg ulja u hrani. Sadržaj PUFA n-3 u jajima bio je od 53 mg (0% ribljeg ulja) do 246 mg (6% ribljeg ulja u hrani za nesilice). Negativan utjecaj ribljeg ulja na proizvodna obilježja, osobito na smanjenu težinu jaja, istakli su, također, Whitehead i sur., (1993.) te Marshall i Van Elswyk (1994.).

Utjecaj morskih algi na odlaganje PUFA n-3 u jajima istraživali su Herber i Van Elswyk (1996.). Osobitost morske alge, koju su koristili istraživači, je visoki udio DHA i odsutnost ostalih PUFA n-3 pri-

sutnih u ribljem ulju. Nesilice su podijeljene u kontrolnu skupinu, skupinu s 1,5% ribljeg ulja (obrok je sadržavao 233mg EPA + 155mg DHA dnevno po nesilici), skupinu s 2,4% morskih algi (200 mg DHA dnevno po nesilici) i skupinu s 4,8% morskih algi (400 mg DHA dnevno po nesilici). Dodavanje morskih algi (4,8%) loše se odrazilo na težinu žumanjka i bjelanjka te na nesivost. Sadržaj PUFA n-3 bio je od 3,4% (kontrola) do 12,2% (4,8% morskih algi). Udio DHA u ukupnim masnim kiselinama bio je od 2,3% (kontrola) do 11,5% (4,8% morskih algi).

Kralik i sur. (2005.) proveli su istraživanje utjecaja preparata bogatog s EPA i DHA (Pronova Biocare Epax 3000 TG) na proizvodna obilježja nesilica i sadržaj SFA, MUFA i EPA+DHA u žumanjcima jaja. Nisu utvrđene razlike s obzirom na proizvodna obilježja (težina nesilica, konzumacija hrane, nesivost) i kakvoću jaja (težina jaja, bjelanjka, žumanjka, ljuske, debljinu ljuske, omjer bjelanjak:žumanjak i relativni udjeli osnovnih dijelova jaja) između kontrolne i pokusne skupine. Dodatkom ulja bogatog omega-3 masnim kiselinama (3,33%) značajno je promijenjen sastav masnih kiselina u žumanjku. Sadržaj EPA+DHA u ukupnim masnim kiselinama žumanjka kod kontrolne skupine bio je 1,74%, dok je kod pokusne skupine sadržaj navedenih masnih kiselina bio 3,15% (grafikon 1.).

Grafikon 1. Udjeli SFA, MUFA i EPA+DHA u jajima
Figure 1. Share of SFA, MUFA and EPA+DHA in eggs



Zbog velikog broja dvostrukih veza, PUFA su sklone oksidaciji. Jiang i sur. (1992.) i Van Elswyk i sur. (1995.) ističu loš miris i okus kod jaja nesilica hranjenih obrocima bogatim PUFA n-3. Jaja obogaćena s PUFA n-3 lošeg mirisa i okusa nisu prihvatljiva prerađivačima i potrošačima. Nepovoljan utjecaj na senzorska svojstva jaja utvrđen je već pri udjelu ribljeg ulja većim od 3% u hrani za nesilice (Marshall i sur., 1994.). Lošiju senzorsku vrijednost (aroma, okus, miris i prihvatljivost) jaja podrijetlom od nesilica hranjenih ribljim uljem također su uočili i Gonzalez-Esquerra i Leeson (2000.). Povećanu oksidativnu vrijednost, izraženu kao TBARs u jajima nesilica hranjenih lanenim sjemenom ističu Schneideler i sur. (1997.).

Sprječavanje procesa oksidacije u jajima bogatim s PUFA n-3, a time i nastanka neprihvatljivog okusa i mirisa, postiže se prirodnim i umjetnim antioksidansima (vitamin E, β -karotin). Cherian i sur. (1996.) te Kang i sur. (2001.), osim toga, ističu kako antioksidanti (tokoferoli) imaju utjecaj na bolje usvajanje PUFA iz hrane u tkiva peradi. Ova pojava zabilježena je kod jaja, mišića i adipoznog tkiva nesilica hranjenih ribljim i lanenim uljem te lanenim sjemenom uz dodatak tokoferola.

Vitamin E ima vrlo učinkovit inhibitorski učinak na oksidaciju lipida u hrani i biološkim sustavima (Kamal-Eldin i Appelqvist, 1996.). Vitamin E sintetizira se u biljkama i nalazi se u najvećim količinama u sjemenkama uljarica i lišću. Dobro je poznat inhibitorski učinak tokoferola dodanih u hranu za perad na oksidaciju lipida u peradskim proizvodima (Cherian i sur., 1996.). Watkins i sur. (1993.) uočili su veću antioksidativnu aktivnost tokotrienola nego što ju imaju α -tokoferoli. Prirodni antioksidansi pozitivno utječu na imuni sustav te imaju značajnu ulogu u prevenciji kancerogenih bolesti i bolesti krvožilnog sustava (Mascio i sur., 1991.; Weisburger 1991.).

Meluzzi i sur. (2000.) ističu kako su dodavanjem vitamina E (200 ppm) uspjeli održati nepromijenjen sastav masnih kiselina u jajetu tijekom 28-dnevnog skladištenja na sobnoj temperaturi (20-25°C). Sadržaj vitamina E u skladištenim jajima bio je vrlo sličan onom u svježim jajima. Autori navode kako visoke količine vitamina E i niske količine PUFA n-3 se hrani smanjuju odlaganje ukupnih PUFA n-3 u žumanjcima, dok visoke količine PUFA n-3 u hrani smanjuju odlaganje vitamina E. Miller i Huang

(1993.) navode smanjen sadržaj vitamina E u prsima i batcima dodatkom ribljeg ulja u hranu za brojere.

Kang i sur. (2001.) istraživali su antioksidativni potencijal palminog ulja (0%, 1,5% i 3%) u uvjetima hranidbe nesilica obrocima bogatim PUFA n-3. Palmino ulje bogato je prirodnim antioksidantima kao što su tokoferoli, tokotrienoli i karotenoidi (Goh i sur., 1985.). Izvori PUFA n-3 u obrocima za perad bili su lan i riblje ulje. Jaja nesilica hranjenih s 3,0% palminog ulja imala su nižu ($P<0,05$) oksidativnu vrijednost mjerenu pomoću TBARs-a i manji ($P<0,05$) sadržaj DHA od ostalih skupina.

Jedan od glavnih razloga smanjivanja potrošnje jaja u ljusci u nedavnoj prošlosti bilo je mišljenje da kolesterol iz jaja uzrokuje aterosklerozu i komplikacije u razvoju bolesti krvožilnog sustava poput srčanog udara. Danas je takvo mišljenje upitno i sve je više dokaza kako kolesterol iz hrane većinom nema utjecaja na povećanje sadržaja kolesterola u ljudskom organizmu (Marshall i sur., 1994.; Cherian i Sim, 1996.; AECL, 2006.). U prošlosti smanjivanje sadržaja kolesterola u jajima provodilo se povećanjem sadržaja MUFA (mononezasićenih kiselina) npr. oleinske kiseline (OA, C 18:1n-9) za koju se zna da ima hipokolesterolemični učinak (Grundy, 1986). Obogaćivanjem jaja s PUFA n-3 (LNA, EPA i DHA) također se značajno smanjuje sadržaj kolesterola u žumanjcima jaja (Cherian i Sim 1996., Sari i sur., 2001.).

Na policama trgovačkih lanaca u razvijenim zemljama, osim «običnih» jaja u ljusci, brojna je ponuda jaja pod različitim trgovačkim imenima. Prema Simopoulosu (2000.) sadržaj SFA, MUFA te EPA+DHA u jajima na policama supermarketa bio je 80,7, 115,4 te 1,1 mg/g žumanjka. U istraživanju navedenog autora «obična» jaja imala su niži sadržaj SFA te viši sadržaj MUFA i EPA+DHA, nego jaja od nesilica hranjenih dodatkom ribljeg brašna. Gao i Charter (2000.) utvrdili su značajne razlike ($P<0,05$) u sadržaju LNA i DHA između omega-3 jaja (tri proizvođača) dostupnih na Kanadskom tržištu i «običnih» jaja (tri proizvođača). «Obična» jaja imala su veći udio ($P<0,05$) AA u odnosu na omega-3 jaja. Nisu utvrđene razlike ($P>0,05$) unutar proizvođača omega-3 i «običnih» jaja. Sastav masnih kiselina različitih jaja na tržištu SAD-a istraživali su Cherian i sur. (2002). Istraženi brandovi jaja bili su podrijetlom od nesilica: hranjenih obrocima bez životinjske masti i deklarirano visokim udjelom n-3; «free-range

organic»; slobodno uzgajanih i ne tretiranih medikamentima; tzv. «vegeterijanskih» nesilica te uzgajanih bez steroida i stimulanata. Između jaja različitih brandova utvrđene su razlike ($P < 0,05$) između udjela žumanjka, bjelanjka i ljuske te između jestivog dijela. Sadržaj PUFA n-3 bio je od 0,5%-1,5%, a omjer PUFA n-6/PUFA n-3 od 11,5/1 do 39,2/1. «Obična» jaja sadržavala su 0,7% PUFA n-3 uz omjer PUFA n-6/PUFA n-3 27,3/1.

Dva «obična» jaja od 50 g sadrže otprilike 100 mg EPA, DPA i DHA. U usporedbi s ribom ova količina PUFA n-3 relativno je niska, ali ipak osigurava oko jedne šestine dnevnih potreba ljudi za PUFA n-3. Tvrtke Belovo SA (Belgija), odnosno Belovo Inc. (SAD) dizajnirali su jaja s visokim sadržajem PUFA n-3 i prodaju ih pod nazivom «Kolumbovo jaje» u Europi, odnosno «Kristoforovo jaje» u SAD-u. Navedena jaja sadrže u 50 g jestivog dijela 660 mg PUFA n-3, od čega 550 mg LNA, 10 mg EPA i 80 mg DHA (Belovo SA., 2006.).

Prema AECL-u (2006.), dnevni unos PUFA n-3 Australaca značajno je niži od preporučenog. Konzumiranjem jaja obogaćenih s PUFA n-3 povećava se unos poželjnih masnih kiselina, što može imati značajnu korist za zdravlje ljudi. Korištenje žumanjka obogaćenog s PUFA n-3 pokazalo se odličnim za razvoj i zdravlje dojenčadi i male djece. Prehrana vegetarijanaca sadrži vrlo male količine PUFA n-3 te im se preporučuje konzumiranje PUFA n-3 jaja.

ZAKLJUČAK

Izvori polinezasićenih masnih kiselina omega-3 tipa (PUFA n-3) u hranidbi nesilica su biljnog i životinjskog podrijetla. Biljna ulja (npr. laneno i repičino) utječu na povećanje sadržaja α -linolenske kiseline (LNA, C18:3n-3), dok riblje ulje i ulje podrijetlom od morskih organizama utječe na povećanje sadržaja eikozapentaenske (EPA, C20:5n-3) i dokozaheksaenske kiseline (DHA, C22:6n-3) u žumanjka jaja.

Obogaćivanje jaja s PUFA n-3 predstavlja veliki izazov znanstvenicima. Korištenje krmiva bogatih s PUFA n-3 u hrani za nesilice može se loše odraziti na proizvodna obilježja nesilica, na težinu jaja i žumanjka te na senzorske osobine kao što su neprihvatljiv miris i okus jaja.

Premda «obična» jaja sadrže male količine PUFA n-3, jaja obogaćena s PUFA n-3 mogu osigurati značajnu količinu LNA, EPA i DHA za ljude. Ribe su glavni izvor PUFA n-3 u hrani za ljude i imaju najbolji učinak na zdravlje. Ljudi u razvijenim državama ne jedu rado ribu i stoga pristup u kojem se savjetuje konzumacija ribe 1-2 puta tjedno neće postići željeni učinak za povećanim unosom PUFA n-3. Strategije razvijenih država (npr. Australije) za povećanim unosom PUFA n-3 teže proizvodnji hrane obogaćene s PUFA n-3 koja se svakodnevno nalazi na jelovniku stanovnika kao što su npr. jaja.

LITERATURA

1. Ayerza, R., W. Coates (2000): Dietary levels of chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. *Poultry Sci.* 79, 724-739.
2. Barlow, S.M., F.V.K. Young, I.F. Duthie (1990): Nutritional recommendations for omega-3 polyunsaturated fatty acids and the challenge to the food industry. *Proc. Nutr. Soc.* 49, 13-21.
3. Calvani, M., P. Benatti (2003): Polyunsaturated fatty acids. http://www.st-hs.com/TMA_Forum/PUFA%20-%20Calvani%20Benatti%20-%20Feb%202K3.pdf (pristupljeno 23. ožujka 2006.)
4. Caston, L., S. Leeson (1990): Research note: Dietary flax and egg composition. *Poultry Sci.* 70, 917-922.
5. Cherian, G., T.B. Holsonbake, P.M. Goeger (2002): Fatty acid and egg components of speciality eggs. *Poultry Sci.* 81, 30-33.
6. 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 Sci.* 70, 917-922.
7. Cherian, G., J.S. Sim (1996): Omega-3 fatty acid enriched eggs as a source of long chain omega-3 fatty acids for the developing infant. In: Sim J.S. and Nakai S. (Editors). *Egg Uses and Processing Technologies: new developments.* CAB International. 402-413, Wallingford, UK.
8. Cherian, G., F.H. Wolfe, J.S. Sim (1996): Dietary oils with added tocopherols: Effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids and oxidative stability. *Poultry Sci.* 75, 423-431.
9. Eaton, S.B., S.B. Eaton III, A.J. Sinclair, L. Cordain, N.J. Mann (1998): Dietary intake of long-chain

- polyunsaturated fatty acids during the paleolithic World. *Rev Nutr.* 83, 12-23.
10. Etherton, P.K., D.S. Taylor, S. Yu-Poth (2000): Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(1), 179-188.
 11. Galobart, J., Barroeta, A.C., Cortinas, L., Baucells, M.D., Codony, R. (2002): Accumulation of α -tocopherol in eggs enriched with ω -3 and ω -6 polyunsaturated fatty acids. *Poult.Sci.* 81, 1873-1876.
 12. Gao, Y.C., E.A.Charter (2000): Nutritionally important fatty acids in hen egg yolks from different sources. *Poultry Sci.* 79, 921-924.
 13. Goh, S.H., Y. Choo, M. Ong (1985): Minor constituents of palm oil. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 62, 237-240.
 14. Gonzalez-Esquerria, R., S. Leeson (2000): Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poultry Sci.* 79, 1597-1602.
 15. Grundy, S.M. (1986): Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for lowering plasma cholesterol. *N. Eng. J. Med.* 314, 745-748.
 16. Hargis, P.S., M.E. Van Elswyk, B.M. Hargis (1991): Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poultry Sci.* 70, 874-883.
 17. Herber, S.M., M.E. Van Elswyk (1996): Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poultry Sci.* 75, 1501-1507.
 18. Jiang, Z., D.U. Ahn, L. Ladner, J.S. Sim (1992): Influence of full fat flax and sunflower seeds on internal and sensory quality of yolk. *Poultry Sci.* 71, 378-382.
 19. Kamal-Eldin, A., J.Appelqvist (1996): The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids* 31, 671-701.
 20. Kang, K.R., G. Cherian, J.S. Sim (2001): Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry products. *Poultry Sci.* 80, 228-234.
 21. Kralik, G., I. Bogut, Z. Škrtić, Z. Gajčević (2005): Effect of preparation rich in omega-3 acids on the Production and Quality of Eggs. *Proceedings of XIth European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products (CD)*, 23-26 May 2005, Doorwerth, The Netherlands, p. 122-127.
 22. Kris Etherton, P., S.R. Daniels, R.H. Eckel (2001): Summary of the scientific conference on dietary fatty acids and cardiovascular health. *Circulation* 2001, 103, 1034-1039.
 23. Leaf A., P.C. Waber (1987): A new era for science nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 45, 1048-1053.
 24. Mascio, P.D., M.E. Murphy, H. Sies (1991): Antioxidant defense systems: the role of carotenoids, tocopherols and thiols. *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 194-200.
 25. Marschall, A.C., M.E. Van Elswyk (1994): Oxidative stability and sensory quality of stored eggs from hens fed 1.5% menhaden oil. *J. Food Sci.* 59, 261-263.
 26. Marschall, A.C., K.S. Kubena, K.R. Hinton, P.S. Hargis, M.E. Van Elswyk (1994): n-3 fatty acid enriched table eggs: a survey of consumer acceptability. *Poultry Sci.* 73, 1334-1340.
 27. Meluzzi, A., F. Sirri, G. Giordani, A. Franchini (1995): Cholesterol level and fatty acid composition of commercially produced eggs in Italy. *Rivista di Avicoltura* 64(10), 65-68.
 28. 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 Sci.* 79, 539-545.
 29. Miller, E.L., Y.X. Huang (1993): Improving the nutritional value of broiler meat through increased n-3 fatty acid and vitamin E content. *Proceedings of the 11th European Symposium on the Quality of Poultry Meat.* Worlds Poultry Science Association, Tours, France, 404-411.
 30. Mirghelenj, A., Sh. Rahimi, M. Barzgar (2004): Comparison of n-3 fatty acid sources for enrichment of egg. June 8-13, 2004. Istanbul, Turkey, CD. Full text and participant list. 448 (Book of Abstract)
 31. Naber, E.C. (1979): The effect of nutrition on the composition of eggs. *Poultry Sci.* 58, 518-528.
 32. Ollis, T.E., B.J. Meyer, P.R.C. Howe (1999). Australian food sources and intakes of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Ann. Nutr. Metab.* 43: 346-355
 33. Phinney, S.D., R.S. Odin, S.B. Johnson (1990): Reduced arachidonate in serum phospholipids and cholesterol esters associated with vegetarian diet in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 51, 385-392.
 34. Sanders, T.A.B. (2000): Polyunsaturated fatty acids in food chain in Europe. *Am. J. Clin. Nutr.* 71 (suppl), S 176-S178.
 35. Sari, M., M. Aksit, M. Özdoğan, H. Basmacioğlu (2001): Effects of addition of flaxseed of laying hens on some production characteristics, levels of yolk and serum cholesterol, and fatty acid composition of yolk. *Arch. Geflügelk.* 66, 75-79.
 36. Schneideler, S.E., G. Froning, S. Cuppett (1997): Studies of consumer acceptance of high omega-3

- fatty acid-enriched eggs. *J. Appl. Poultry Res.* 6, 137-146.
37. Simopoulos, A.P. (1989): Linoleic nad linolenic acids intake. In: *Dietary omega-3 and omega-6 fatty acids: Biological effects and nutritional essentiality. Series A: Life Sciences. Vol 171.* C.Galli and AP Simopoulos, eds, New York: Plenum Press, 391-402.
 38. Simopoulos, A.P. (2000): Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *Poult.Sci.* 79: 961-970.
 39. Simopoulos A.P. (2001): The Mediterranean diet: what is so specific about the diet of Greece? The scientific evidence. *J Nutr.* 131, 3065S-3075S
 40. Simopoulos A.P., N. Salem Jr. (1989): Purslane: a terrestrial source of omega-3 fatty acids. *N. Engl. J. Med.* 315, 833.
 41. Sugano A.M., F. Hirata (2000): Polyunsaturated fatty acids in food chain in Japan. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(suppl), S 189-S196.
 42. Van Elswyk, M.E., P.L. Dawson, A.R. Sams (1995): Dietary menhaden oil influences sensory characteristics and headspace volatiles of shell eggs. *J. Food Sci.* 60, 85-89.
 43. Watkins, T., P. Lenz, A. Gapor, M. Struck, A. Tomeo, M. Bierenbaum (1993): α -Tocotrienol as a hypocholesterolemic and antioxidant agent in rats fed atherogenic diets. *Lipids* 28, 1113-1118.
 44. Weisburger, J.H. (1991): Nutritional approach to cancer prevention with emphasis on vitamins, antioxidants, and carotenoids. *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 226-237.
 45. Whitehead, C. C., A. S.Bowman, H. D.Griffin (1993): Regulation of plasma oestrogens by dietary fats in the laying hen: Relationships with egg weight. *Br. Poult. Sci.* 34, 999-1010.
 46. AECL - Australian Egg Corporation Limited (2006): Scientific review of omega-3 fats and eggs. <http://www.aecl.org/repositories/files/Omega3%20Fats%20and%20eggs.pdf> (pristupljeno 23.ožujka 2006.)
 47. Belovo SA Belgium. Belovo Home Page. <http://www.belovo.com/> (pristupljeno 23. ožujka 2006.)
 48. ... British Nutrition Foundation (1992): Task force on unsaturated fatty acids. London. Chapman and Hall.
 49. ... FAO/WHO (1994): Fats and oils in human nutrition report of a joint expert consultation. Food and Agriculture Organisation of the United Nations and the World Health Organization. *FAO Food Nutr. Pap.* 57, 1-147.

SUMMARY

Eggs are an excellent resource of easily digestible protein in human nutrition. However, high cholesterol content in egg yolk and increased concerns for human health resulted in reduced consumption of eggs in developed countries. It is expected the consumption of eggs will increase in near future by creation of so called «nutraceuticals» or «functional food». By exploitation of a «bioreactor», eggs can be designed that differ significantly in their composition from commercial eggs.

Enrichment of eggs with PUFA n-3 is achieved by feeding hens with forages of plant and animal origin. Supplementation of rapeseed and linseed products to diets for hens affects significant increase of α -linolenic acid (LNA, C18:3n-3). Laying hens have limited ability to elongate and desaturate LNA in eicosapentaenoic (EPA, C20:5n-3) and docosahexaenoic (DHA, C22:6n-3) acid. Forages containing sea organisms (algae, fish) affect the increase of desirable EPA and DHA content in egg yolks. Referring to organoleptic traits, eggs enriched with PUFA n-3 do not differ from eggs produced in a conventional way, though, some researches have proved that enriched eggs have an unpleasant odor of fish oil.

Key words: laying hens, eggs, PUFA n-3, PUFA n-6, EPA and DHA