

## KOKOŠJE JAJE KAO FUNKCIONALNA NAMIRNICA

### HEN EGG AS FUNCTIONAL FOOD

**Manuela Grčević<sup>1</sup>, Zlata Gajčević-Kralik<sup>1</sup>, Gordana Kralik<sup>1</sup>, S. Ivanković<sup>2</sup>**

Stručni članak – Professional paper  
Prijmljeno – Received: 11. travanj – april 2011.

#### SAŽETAK

Posljednjih godina termin funkcionalna hrana sve je zastupljeniji u medijima i svakodnevnom životu što, omogućava veću informiranost potrošača o dostupnosti funkcionalnih proizvoda na tržištu i njihovom pozitivnom djelovanju na zdravlje. Funkcionalna hrana je svaka hrana koja pored osnovnih nutritivnih sastojaka sadrži i komponente koje imaju pozitivno djelovanje na očuvanje zdravlja ili smanjenje rizika od razvoja bolesti. Kokošje jaje izvrstan je izvor bjelančevina visoke biološke vrijednosti, vitamina A, B grupe, D i E kao i mineralnih tvari željeza, fosfora, kalija. Primjenom različitih obroka u hranidbi nesilica moguće je utjecati na promjenu sadržaja određenih hranjivih tvari u jajetu (masnih kiselina, vitamina topivih u mastima i mineralnih tvari), što omogućava proizvodnju jaja s povišenim udjelom poželjnih funkcionalnih sastojaka. Takva jaja na tržištu prehrambenih proizvoda predstavljaju funkcionalnu namirnicu koja je potrošačima lako dostupna i cijenom povoljna. Konzumacija funkcionalnih proizvoda pruža veću mogućnost preventivnog djelovanja u cilju očuvanja zdravlja. Ovaj rad prikazuje kratak pregled razvoja funkcionalne hrane općenito, uporabe funkcionalnih sastojaka u hranidbi nesilica, proizvodnju jaja obogaćenih tim sastojcima te njihov utjecaj na zdravlje ljudi.

Ključne riječi: funkcionalna hrana, kokošje jaje, zdravlje

#### FUNKCIONALNA HRANA

Funkcionalna hrana ne može se jednostavno definirati budući da se veliki broj različitih prehrambenih proizvoda može svrstati u grupu funkcionalnih namirnica. Zbog toga je Europska komisija predložila „radnu“ definiciju koja propisuje da funkcionalna hrana mora biti sastavljena od prirodnih sastojaka i ne smije biti u obliku tableta, kapsula ili dodataka prehrani. Funkcionalna hrana mora, pored odgovarajućih nutritivnih učinaka, imati povoljan utjecaj na funkcije organizma koje su važne za poboljšanje zdravlja i/ili smanjenje rizika od razvoja bolesti. Konzumira se kao dio svakodnevne, uobičajene prehrane a njena učinkovitost mora biti znanstveno dokazana (Dipplock i sur., 1999.; Roberfroid, 2002.).

Funkcionalna hrana može biti prirodna hrana, hrana u koju je određeni sastojak dodan ili iz koje

je određeni sastojak uklonjen, hrana u kojoj su promijenjena svojstva ili biodostupnost jednog ili više sastojaka, ili bilo koja kombinacija navedenih mogućnosti (Roberfroid, 2002.). Razvoj funkcionalnih proizvoda i tržišta funkcionalne hrane povezan je s razvojem znanosti o prehrani. Uspjeh novog funkcionalnog proizvoda na tržištu ne ovisi samo o njegovim povoljnim utjecajima na zdravlje nego također i o prihvatljivom okusu, izgledu i dostupnosti potrošačima.

#### OBOGAĆIVANJE JAJA FUNKCIONALNIM SASTOJECIMA

Jaja su kokošja jaja u ljusci dobivena od kokoši nesilica namijenjena prehrani ljudi ili upotrebi u prehrambenoj industriji (Pravilnik o kakvoći jaja, NN, 2006.). Osnovni dijelovi jajeta su žumanjak, bjela-

<sup>1</sup>Manuela Grčević, dipl. inž., dr.sc. Zlata Gajčević-Kralik, prof.dr.sc.dr.h.c. Gordana Kralik - Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Trg Sv. Trojstva 3, 31000 Osijek, Hrvatska

<sup>2</sup>Prof. dr. sc. Stanko Ivanković - Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Mostaru, Biskupa Čule b.b., 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina

njak i ljuska. Prosječni udio osnovnih sastojaka u 100 g jestivog dijela tvrdo kuhanog jajeta iznosi: voda 74.62 g, bjelančevine 12.58 g, masti 10.61 g, ugljikohidrati 1.12 g, pepeo 1.08 g, energija 155 kcal/649 KJ (USDA, 2010.). Žumanjak sadrži većinu kalorija (78%), svu mast i polovicu bjelančevina, većinu kalcija, fosfora, željeza, cinka, vitamina B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, A, folne kiseline, polovicu riboflavina i tiamina. Bjelanjak sadrži oko polovice bjelančevina i riboflavina (Froning, 2006.). Jaja je moguće obogatiti funkcionalnim sastojcima modifikacijom obroka nesilica pri čemu se dobivaju „dizajnirana“ jaja koja po svom sastavu odgovaraju definiciji funkcionalne hrane. U ovom radu daje se pregled obogaćivanja jaja sljedećim funkcionalnim sastojcima: omega-3 masnim kiselinama, vitaminom E, selenom i luteinom, te njihov utjecaj na zdravlje ljudi.

**Omega-3 masne kiseline** su polinezasićene masne kiseline koje imaju dvostruku vezu na n-3 položaju tj. na trećem C atomu brojeći od metilnog kraja molekule masne kiseline. U prehrani ljudi najvažnije n-3 masne kiseline su  $\alpha$ -linolenska (LNA, C18:3), eikozapentaenska (EPA, C20:5) i dokozaheksaenska (DHA, C22:6). Izvor LNA u prehrani ljudi su biljna ulja i sjemenke (repica, lan, orasi) te zeleno lisnato povrće, dok su EPA i DHA najzastupljenije u ribama i uljima morskih organizama. LNA je glavna n-3 masna kiselina u ljudskoj prehrani te ujedno i prekursor dugolančanih PUFA. Istraživanja pokazuju da je efikasnost konverzije LNA u EPA i DHA u ljudskom organizmu manja od 5% i da ovisi o koncentracijama n-6 masnih kiselina i dugolančanih PUFA u hrani (Brenna, 2002.). Stoga je potrebno koristiti dodatne izvore EPA i DHA kako bi se zadovoljile potrebe organizma za tim masnim kiselinama, koje imaju važnu ulogu u nizu fizioloških funkcija kao što su: smanjenje razine triglicerida u plazmi, povećanje vremena agregacije trombocita, smanjena viskoznost krvi i krvni tlak, smanjena učestalost ateroskleroze, upalnih procesa i tumora (Mishra, 1993.). Također povoljno djeluju na probavu, poboljšavaju učinkovitost imunog sustava i smanjuju pojavu alergijskih bolesti (Vass i sur., 2008.). DHA je esencijalni sastojak fosfolipida staničnih membrana, posebno u mozgu i mrežnici oka, te je nužna za pravilnu funkciju tih organa (Hasler, 2002). Povećana potrošnja mesa stoke hranjene žitaricama uzrokovala je povećan unos zasićenih masnih kiselina i n-6 PUFA u organizam ljudi uz istovremeno smanjenje unosa n-3 PUFA, zbog smanjene konzumacije

riba, što je dovelo do povećanja omjera PUFA n-6/PUFA n-3. Zbog toga bi u prehranu trebalo uključiti druge izvore n-3 PUFA, od kojih jaja obogaćena tim masnim kiselinama predstavljaju lako dostupnu i hranjivim tvarima bogatu funkcionalnu namirnicu.

Budući da konzumna jaja sadrže visok udio n-6 PUFA i nizak udio n-3 PUFA, što daje nepovoljan omjer ukupnih n-6/n-3 masnih kiselina, potrebno je u smjese za nesilice dodati izvore n-3 PUFA. Dodatkom lanenog sjemena ili ulja, repičinog i ribljeg ulja te ulja morskih organizama u hranu nesilica povećava se sadržaj n-3 PUFA u žumanjcima jaja. Biljna ulja povećavaju sadržaj LNA, dok riblje ulje utječe na povećanje sadržaja EPA i DHA u žumanjcima jaja. Sari i sur. (2001.) navode da dodatak sjemenki lana u obroke nesilica u udjelima od 0%, 5%, 10% i 15% uzrokuje linearno povećanje sadržaja LNA u žumanjcima jaja (1,80%, 7,07%, 8,35% i 12,20%). Dodatak lanenog ulja u hranu također povećava sadržaj LNA u žumanjcima jaja. Valavan i sur. (2006.) dodavali su laneno ulje u hranu u udjelima od 1%, 2% i 3% i zabilježili porast sadržaja LNA u žumanjcima jaja s 0.62% u kontrolnoj grupi na 0.83%, 0.93% i 1.00% u pokusnim grupama. Također su primijetili i povećanje sadržaja EPA i DHA. Grobas i sur. (2001.) istraživali su utjecaj dodatka izvora i postotka masti na sastav masnih kiselina u žumanjku jajeta i primijetili porast udjela LNA s 0.37% na 10.3% i 14.9% dodatkom 5% i 10% lanenog ulja u hranu. Povećanje sadržaja LNA u žumanjcima jaja također je u skladu s rezultatima Suzuki i sur. (1994.) i Meluzzi i sur. (2001.). Ti rezultati ne iznenađuju budući da je laneno ulje bogatije LNA od drugih izvora n-3 PUFA kao što su repičino ili riblje ulje. Međutim, kako je već navedeno, zbog ograničene konverzije LNA u EPA i DHA u organizmu čovjeka, posebno u djece i starijih ljudi, pretpostavka je da se konzumacijom jaja bogatih LNA ne dobiva očekivana zdravstvena korist koju pružaju ukupne n-3 PUFA, stoga je potrebno povećati i sadržaj EPA i DHA u žumanjcima jaja. Učinkovitiji način obogaćivanja jaja s EPA i DHA je dodatak ribljeg ulja u smjesu za nesilice. Meluzzi i sur. (2000.) navode da je dodatkom 3% ribljeg ulja u hranu za nesilice sadržaj EPA i DHA bio 19,53 mg/jajetu, odnosno 143,70 mg/jajetu, dok su Gonzales-Esquerria i Leeson (2000.) utvrdili da dodatkom 6% ribljeg ulja, uz porast sadržaja EPA i DHA, sadržaj ukupnih n-3 PUFA raste do 246 mg. Dodatkom kombinacije ribljeg (2%) i repičinog (4%) ulja u hranu za nesi-

lice značajno se povećava udio ukupnih n-3 PUFA (3,20%) u žumanjku jajeta i smanjuje udio ukupnih n-6 PUFA (17,40%) čime se postiže povoljniji odnos ukupnih n-6/n-3 masnih kiselina u jajetu (Škrtić i sur., 2007.). Unatoč kvalitetnijem profilu masnih kiselina u žumanjku, dodatak lanenog ili ribljeg ulja u većem postotku u hranu nesilica negativno utječe na težinu jaja i žumanjka i debljinu ljuske (Sari i sur., 2001.) i organoleptička svojstva jaja (miris i okus na ribu) (Jiang i sur., 1992.; Van Elswyk, 1997.). Loša organoleptička svojstva jaja obogaćena n-3 PUFA rezultat su povećane sklonosti n-3 PUFA oksidaciji zbog velikog broja dvostrukih veza. Zbog toga bi u smjese za nesilice trebalo dodavati prirodne ili sintetske antioksidanse (vitamin E, karotenoidi, selen) kako bi se spriječili nepoželjni oksidativni procesi u jajetu i razvoj nepoželjnog okusa i mirisa jaja. Dodatkom navedenih antioksidanasa u obroke nesilica ujedno se povećava njihov sadržaj u jajima čime se dobivaju jaja poboljšane nutritivne vrijednosti i produžene održivosti.

**Selen** je esencijalni nutrijent u ljudskoj i životinjskoj prehrani, sastavni je dio 25 funkcionalnih selenoproteina u ljudskom organizmu (Kryukov i sur., 2003.) i antioksidativnih enzima glutation peroksidaze i tioreduksin reduktaze te ima važnu ulogu u regulaciji raznih fizioloških funkcija organizma. Selen povoljno utječe i na imunološki sustav ljudi. Pozitivno djeluje na prevenciju pojave upalnih procesa, karcinoma, senilnosti, depresije, štiti od UV zračenja i oksidativnog stresa te smanjuje rizik od ateroskleroze i kardiovaskularnih bolesti (Ferencik i Ebringer, 2003.). Namirnice bogate selenom su kruh, žitarice, riba, jaja i meso. Selen u prehrambeni lanac ulazi ugradnjom u biljne proteine u obliku aminokiselina selenometionina i selenocisteina (Surai, 2006.). Tlo u Europi siromašno je selenom zbog čega i sirovine koje rastu na takvom tlu sadrže nisku koncentraciju selena. Konzumirajući namirnice proizvedene od takvih sirovina potrošači ne unose dovoljne količine selena u organizam te imaju smanjenu razinu selena u serumu i krvi čija je posljedica lošije zdravlje i nastanak različitih bolesti. U područjima svijeta gdje je tlo izuzetno siromašno selenom, kao što su dijelovi Kine, Sibir, Sjeverna Koreja, učestale su pojave bolesti lokomotornog sustava (Kaschin-Beck) te ozbiljna bolest srčanog mišića (Keshan) čija je krajnja posljedica zatajenje srca (Reilly, 1998.). Popijač i Prpić-Majić (2002.) utvrdili su da je područje Koprivničko-križevačke žu-

panije siromašno selenom u tlu, no njegova količina ovisi i o tipu tla. Ovisno o tipu tla količine selena na području navedene županije kreću se od 145 do 333  $\mu\text{g Se/kg tla}$ . Na području Požeške kotline zabilježene su izrazito niske koncentracije selena u tlu (20 do 48  $\mu\text{g Se/kg}$ ), dok je u dijelu Podravine duž rijeke Drave utvrđena koncentracija od 50 do 280  $\mu\text{g Se/kg tla}$ . Na osnovi navedenih podataka Hrvatska se svrstava u zemlje s niskom razinom selena u tlu, kao i Srbija, Crna Gora, Slovenija, Bugarska, Francuska, Poljska, Island, jugozapadna Kina i Novi Zeland (Oldfield, 1999.). Surai i Sparks (2001.) navode da se jaja obogaćena selenom vrlo jednostavno mogu proizvesti dodatkom selena u hranu nesilica. Dodatkom selena u udjelu od 0.4 mg/kg hrane za nesilice u obliku seleniziranog kvasca dobiva se jaje koje sadrži oko 30  $\mu\text{g selena}$ , što čini oko 50% dnevnih potreba čovjeka. Kralik i sur. (2009b) istraživali su utjecaj dodatka različitih izvora (anorganski i organski) i razina selena (0.2 i 0.4 mg/kg) u hranu za nesilice na sadržaj selena u jajima i zaključili da povećanjem razine selena u hrani proporcionalno raste i njegov sadržaj u žumanjcima (s 573 ng selena/g na 783 ng selena/g) odnosno bjelanjcima (sa 181 ng selena/g na 345 ng selena/g) jaja. Payne i sur. (2005.) također zaključuju da različiti izvori i koncentracije selena u hrani (0; 0.15; 0.3; 0.6 i 3 mg/kg) značajno utječu na odlaganje selena u jajima i da se koncentracija selena u jajima povećava u skladu s povećanjem koncentracije selena u hrani za nesilice (s 0.249 ppm selena/jajetu u kontrolnoj grupi do 2.207 ppm selena/jajetu u grupi s 3 mg/kg organskog selena). Brojna istraživanja pokazuju da animalni proizvodi obogaćeni selenom, između ostalih i kokošja jaja, uključeni u uobičajenu prehranu, predstavljaju sredstvo za učinkovito povećanje razine selena u ljudi (Rayman, 2000.; Reilly, 1998.). Surai i sur. (2004.) u svom istraživanju pokazuju da konzumacija dva selenom obogaćena jaja (jaja su zajedno osiguravala 55-65  $\mu\text{g selena}$ , što odgovara dnevnim potrebama ljudi) dnevno tijekom osam tjedana značajno utječe na povećanje koncentracije selena u plazmi dobrovoljaca (s 0.075-0.085  $\mu\text{g/ml}$  za komercijalna jaja na 0.09-0.14  $\mu\text{g/ml}$ ). Dodatak organskog selena u smjese za nesilice pozitivno utječe na kvalitetu jaja tijekom skladištenja. Wakebe (1999.) je istraživao dodatak organskog selena u udjelu od 0.3 mg/kg hrane na svježinu jaja tijekom čuvanja. Kao pokazatelj svježine jajeta korištene su Haugh-ove jedinice, čije su vrijednosti sedmog

dana čuvanja bile značajno više u pokusnoj grupi. Ujedno je utvrđena i povećana aktivnost glutation peroksidaze (GSH-Px) u žumanjku i bjelanjku. I drugi autori navode pozitivan utjecaj organskog selena u hrani nesilica na poboljšanje vrijednosti Haugh-ovih jedinica tijekom skladištenja jaja (Pan i Rutz, 2003.). Organski selen utječe na smanjenje lipidne peroksidacije u žumanjcima jaja povećavajući aktivnost GSH-Px (Yaroshenko i sur., 2003.) čime pozitivno utječe i na održanje kvalitete jaja tijekom skladištenja. Dodatak organskog selena u hranu nesilica pozitivno djeluje na porast proizvodnje jaja, težine jaja, ljuske, žumanjka i bjelanjka (Rutz i sur., 2003.) kao i na povećanu čvrstoću (Paton i Cantor, 2000.) i debljinu ljuske (Klecker i sur., 1997.). Jaja je također moguće obogatiti kombinacijom selena i vitamina E, čime se dobiva jaje, koje osim što ima povećani udio oba nutrijenta korisna za zdravlje, također ima i produženu održivost budući da selen i vitamin E djeluju sinergistički u sprječavanju i usporavanju procesa lipidne oksidacije.

**Vitamin E** zajedničko je ime za grupu spojeva topljivih u mastima s izraženom antioksidativnom aktivnošću. Prirodni vitamin E javlja se u osam kemijskih oblika:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tokoferoli i  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tokotrienoli, od kojih je za  $\alpha$ -tokoferol utvrđena najveća biološka aktivnost (Brigelius-Flohe i Traber, 1999.). Najbolji izvori vitamina E u prehrani su orašasti plodovi, sjemenke i biljna ulja, a značajne količine nalaze se i u zelenom lisnatom povrću te obogaćenim žitaricama. Njegovo antioksidativno djelovanje očituje se u zaustavljanju stvaranja reaktivnih spojeva kisika (ROS) koji nastaju prilikom oksidacije masti što je posebno važno u zaštiti staničnih membrana (National Institute of Health, 2009.). Vitamin E također ima ulogu u zaštiti masti u lipoproteinima niske gustoće (LDL) od oksidacije, čime djeluje na smanjenje rizika od razvoja kardiovaskularnih bolesti (Higdon, 2004.), u zaštiti staničnih tvorevina od štetnog djelovanja slobodnih radikala koji mogu uzrokovati razvoj raka, te u zaštiti oka u starijoj dobi od nastanka mrena i drugih oštećenja uzrokovanih dugotrajnim djelovanjem oksidativnog stresa (National Institute of Health, 2009.). Odlaganje vitamina E u jajima povećava se s porastom koncentracije vitamina E u hrani nesilica. Jiang i sur. (1994.) zaključuju da sadržaj vitamina E u žumanjku raste linearno s povećanjem sadržaja vitamina E u hrani nesilica. Navedeni podatak u svom su istraživanju potvrdili Meluzzi i sur. (2000.) koji su primijetili

porast sadržaja  $\alpha$ -tokoferola u žumanjcima, s 90.93  $\mu\text{g/g}$  žumanjka u kontrolnoj grupi na 313.84  $\mu\text{g/g}$  žumanjka u grupi koja je u hrani dobivala 200 mg/kg  $\alpha$ -tokoferil acetata. Franchini i sur. (2002.), kao i Skrivan i sur. (2010.) također primjećuju povećanje sadržaja  $\alpha$ -tokoferola u žumanjcima dodatkom vitamina E u hranu. Dodatkom vitamina E u hranu nesilica proizvodi se dizajnirano jaje s povećanim sadržajem  $\alpha$ -tokoferola u žumanjku koje može služiti kao dobar izvor vitamina E u svakodnevnoj prehrani. Preporučeni dnevni unos vitamina E i za muškarce i za žene iznosi 15 mg (Food and Nutrition Board, 2000.) stoga bi konzumacija dva dizajnirana jajeta, od kojih svako sadrži 4.7 mg vitamina E (s dodatkom vitamina E u udjelu od 200 mg/kg hrane; Meluzzi i sur., 2000.), osiguravala oko 63% dnevnih potreba čovjeka. Galobart i sur. (2002.) istraživali su odlaganje  $\alpha$ -tokoferola u jaja obogaćena s n-3 i n-6 PUFA. Dodatkom 200 mg  $\alpha$ -tokoferil acetata u hranu nesilica koja je sadržavala 5% suncokretovog ulja proizvedeno je jaje s 145  $\mu\text{g}$   $\alpha$ -tokoferola/g jajeta, što odgovara 8.7 mg/jajetu (prosječna masa jaja 60 g). Konzumacija samo jednog takvog jajeta osigurava 58% dnevnih potreba za vitaminom E. Povećana razina vitamina E u žumanjku povoljno utječe na održanje kvalitete i svježine jaja tijekom skladištenja. Galobart i sur. (2001a) u istraživanju utjecaja izvora ulja (laneno ili suncokretovo) i dodatka  $\alpha$ -tokoferil acetata u udjelu od 200 mg/kg hrane na oksidaciju lipida svježih jaja i jaja sušenih raspršivanjem zaključuju da  $\alpha$ -tokoferil acetat učinkovito povećava oksidativnu stabilnost lipida svježih i sušenih jaja. Shahryar i sur. (2010.) također zaključuju da dodatak vitamina E u hranu za nesilice (60 ili 120 mg/kg hrane) značajno utječe na smanjenje TBARS (thio-barbituric acid reactive substances) vrijednosti žumanjka jaja tijekom skladištenja jaja na +4°C. Iako su primijetili porast MDA (malodialdehid) vrijednosti tijekom skladištenja, one su bile značajno manje u grupama s dodanim vitaminom E za razliku od kontrolne grupe bez dodatka vitamina E. Franchini i sur. (2002.) izvještavaju o otpornosti žumanjaka na oksidativno oštećenje tijekom produženog čuvanja u hladnjaku, dok Galobart i sur. (2001b) također potvrđuju povoljan utjecaj vitamina E na produženje održivosti n-3 PUFA obogaćenih jaja smanjenjem oksidativnih procesa.

**Lutein** je žuti pigment (ksantofil) koji pripada u grupu karotenoida. Najviše ga ima u zelenom povr-



ću (špinat, kelj, brokula, grašak) a također se nalazi i u voću, žumanjku jajeta te animalnim mastima. Zajedno sa zeaksantinom daje boju žumanjku i više ga ima u žumanjcima tamnije boje. Ljudi ne mogu sintetizirati lutein stoga njegov udio u krvi i tkivima ovisi isključivo o unosu hranom (Granado i sur., 2003.). Provedena su mnoga istraživanja o utjecaju luteina iz hrane na koncentraciju luteina u serumu. Goodrow i sur. (2006.) istraživali su utjecaj konzumacije jednog konzumnog jajeta dnevno tijekom pet tjedana na koncentracije luteina i zeaksantina u serumu starijih ljudi. Rezultati su pokazali povećanje koncentracija luteina i zeaksantina u serumu za 26% odnosno 38% bez povećanja koncentracija ukupnog i LDL te HDL kolesterola i triglicerida. Biodostupnost luteina iz biljnih izvora, dodataka prehrani i iz jaja obogaćenih luteinom istraživali su Chung i sur. (2004.). Jaja nesilica hranjenih smjesom obogaćenom luteinom sadržavala su oko 5 puta više luteina nego jaja nesilica hranjenih standardnom smjesom. U istraživanju su sudjelovali zdravi muškarci koji su tijekom devet dana konzumirali obroke koji su sadržavali 6 mg luteina iz različitih izvora (lutein, lutein ester, špinat i jaje obogaćeno luteinom). Prije početka, tijekom i nakon pokusa mjerena im je koncentracija luteina u serumu. Rezultati su pokazali da se konzumacijom jaja obogaćenih luteinom postiže najučinkovitije povećanje koncentracije luteina u serumu. Lutein se u žumanjku nalazi u probavljivom lipidnom matriksu koji se sastoji od kolesterola, triglicerida i fosfolipida i pretpostavka je da veći sadržaj kolesterola u jajima povećava biodostupnost luteina iz jaja (Chung i sur., 2004.). Obogaćivanje jaja luteinom postiže se dodatkom izvora luteina u hranu nesilica. Leeson i Caston (2004.) proveli su pokus obogaćivanja jaja luteinom. U dva usporedna istraživanja uspjeli su dokazati da dodatkom luteina u količini do 375 ppm u hranu na bazi kukuruza i soje udio luteina raste od 0.3 mg/60 g jajeta (kontrola) do 1.5 mg/60 g jajeta uz dodatak od 375 ppm luteina u hranu, odnosno da dodatak 500 ppm luteina u hranu na bazi kukuruznog glutena i lucerne povećava udio luteina na 2.2 mg/60 g jajeta. Dodatkom luteina u hranu nesilica u udjelima od 0 mg/kg hrane od 750 mg/kg hrane Golzar Adabi i sur. (2010.) postigli su povećanje sadržaja luteina u jajetu s 0.12 mg/57 g jajeta na 1.43 mg/57 g jajeta. Zatim su ispitivali utjecaj konzumacije jednog obogaćenog jajeta tijekom četiri tjedna na razinu luteina u plazmi odraslih muškaraca i zaključili da je ona značajno povećana kod sudionika koji su kon-

zumirali jaja nesilica koje su u hrani dobivale 500 i 750 mg luteina. Svi ti rezultati pokazuju da je jaje obogaćeno luteinom dobar izvor luteina za ljudsku prehranu te da povećane razine luteina u hrani pozitivno utječu na gustoću pigmenta žute pjege kod ljudi, na taj način smanjujući opasnost od razvoja sljepoće u kasnijoj životnoj dobi (Ata i sur., 2009.). Iako još uvijek nije točno definirana vrijednost preporučenog dnevnog unosa (RDA-recommended daily allowance) luteina za ljude, pretpostavka je da bi za optimalno očuvanje zdravlja očiju ta vrijednost iznosila oko 6-8 mg luteina dnevno. Stoga bi jedno obogaćeno jaje koje sadrži 1-1,5 mg luteina predstavljalo značajan doprinos dnevnom unosu luteina. Povećan sadržaj luteina u jajetu također poboljšava okus i oksidativnu stabilnost jaja (Adams, 2006.).

U praksi je moguće proizvesti dizajnirana jaja istovremeno obogaćena različitim nutrijentima, ovisno o potražnji potrošača (Surai i Sparks, 2001.). Tako su Bourre i Galea (2006.) dizajnirali i istraživali sastav višestruko obogaćenih jaja pod nazivom Benefic® jaja. 100 g tih jaja sadržavala su 6 puta više LNA, 3 puta više DHA, 3 puta više vitamina D, 4 puta više folne kiseline, 6 puta više vitamina E, 6 puta više luteina i zeaksantina, 2.5 puta više joda i 4 puta više selena od standardnih jaja. Takva jaja predstavljaju izvrstan izvor navedenih nutrijenata, kao i vitamina A, B grupe i fosfora, za sve pojedince, a posebno za one kod kojih postoji rizik od pothranjenosti, kao što su stariji ljudi, ili djeca.

## ZAKLJUČAK

Jaja su sastavni dio prehrane ljudi. Izvrstan su izvor kvalitetnih nutrijenata a cijenom su povoljna. Zbog toga je njihova uporaba u prehrani ljudi vrlo rasprostranjena. Zadnjih godina proizvodnja jaja kretala se u smjeru promjene profila masnih kiselina i obogaćivanja jaja različitim vitaminima i mikroelementima, koji imaju povoljan utjecaj na zdravlje ljudi, a njihova antioksidativna svojstva ujedno utječu i na produženje svježine jaja tijekom skladištenja. Modifikacijom obroka nesilica moguće je promijeniti profil masnih kiselina i povećati udio funkcionalnih sastojaka u jajima. Jaja obogaćena navedenim sastojcima pripadaju u skupinu funkcionalnih proizvoda. Zbog svoje dostupnosti i velike bioraspoloživosti funkcionalnih sastojaka jaje je namirnica koju bi češće trebalo uključivati u prehranu. Funkcionalna hrana ne omogućava trenutno rješenje zdravstvenih

problema ali je svakako alternativa različitim dodacima prehrani. Tržište funkcionalne hrane pruža velike mogućnosti za razvoj novih proizvoda čije zdravstvene koristi moraju biti znanstveno potvrđene, a odluka o izboru i potrošnji takvih proizvoda ovisi o potrošačima.

## LITERATURA

- Adams, C.A. (2006): The Transformation of Lutein: Colouring Agent to Polyvalent Nutricine.; In: The Amazing Egg, edited by Jeong S. Sim and Hoon H. Sunwoo, Department of Agricultural, Food and Nutritional Science. University of Alberta. Edmonton, Alberta, Canada.
- Ata, S.M., J. Barona, J. Ratliff, J.E. Kim, T. Al-Sarraj, J. Oleite, J.S. Volek, M.L. Fernandez (2009): Regular eggs and lutein-enriched eggs increased macular pigment density without changing plasma lipids. *J. Feder. American Soci. Experiment. Biol.* 23, 722.10 (Abstr).
- Bourre, J.M., F. Galea (2006): An important source of omega-3 fatty acids, vitamins D and E, carotenoids, iodine and selenium: A new natural multi-enriched egg. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 10(5), 371-376
- Brenna, J. (2002): Efficiency of conversion of alpha-linolenic acid to long chain n-3 fatty acids in man. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 5, 127-132
- Brigelius-Flohe, R., M.G. Traber (1999): Vitamin E: function and metabolism. *FASEB J.* 13, 1145-1155
- Chung, H.Y., H.M. Rasmussen, 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
- Dipplock, A.T., P.J. Aggett, M. Ashwell, F. Bornet, E.B. Fern, M.B. Roberfroid (1999): Scientific Concepts of Functional Foods in Europe: Consensus Document. *British Journal of Nutrition*, 81, S1-S27.
- Ferencik, M, L. Ebringer (2003): Modulatory effects of selenium and zinc on the immune system. *Folia Microbiol (Praha)*, 48, 417-426
- Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (2000). Vitamin E. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington D.C.: National Academy Press; p186-283. <http://search.nap.edu/nap/cgi/skimc-hap.cgi?recid=9810&chap=186-283> (pristupljeno 11.2.2011.)
- Franchini, A., F.Sirri, N. Tallarico, G. Minelli, N. Iaffaldano, A. Meluzzi (2002): Oxidative stability and sensory and functional properties of eggs from laying hens fed supranutritional doses of vitamins E and C. *Poultry Science*, 81, 1744-1750.
- Froning, G. W. (2006): The amazing egg; In: The Amazing Egg, edited by Jeong S. Sim and Hoon H. Sunwoo, Department of Agricultural, Food and Nutritional Science. University of Alberta. Edmonton, Alberta, Canada.
- Galobart, J., A.C. Barroeta, L. Cortinas, M.D. Baucells, R. Codony (2002): Accumulation of  $\alpha$ -Tocopherol in Eggs Enriched with  $\omega$ 3 and  $\omega$ 6 Polyunsaturated Fatty Acids. *Poultry Science* 81:1873-1876
- Galobart, J., A.C. Barroeta, M.D. Baucells, F. Guardiola (2001a): Lipid Oxidation in Fresh and Spray-Dried Eggs Enriched with  $\omega$ 3 and  $\omega$ 6 Polyunsaturated Fatty Acids During Storage as Affected by Dietary Vitamin E and Canthaxanthin Supplementation. *Poultry Science*, 80:327-337
- Galobart, J., A.C. Barroeta, M.D. Baucells, R. Codony, W. Ternes (2001b): Effect of dietary supplementation with rosemary extract and alpha-tocopheryl acetate on lipid oxidation in eggs enriched with omega-3 fatty acids. *Poult. Sci.*, 80, 460-467.
- Golzar Adabi, S.H., M.A. Kamali, J. Davoudi, R.G. Cooper, A. Hajbabaei (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.
- Gonzales-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.
- Goodrow, E.F., T.A. Wilson, S. Crocker Houde, R. Vishwanathan, P.A. Scollin, G. Handelman, R.J. Nicolosi (2006): Consumption of One Egg Per Day Increases Serum Lutein and Zeaxanthin Concentrations in Older Adults without Altering Serum Lipid and Lipoprotein Cholesterol Concentrations. *J. Nutr.* 136: 2519-2524.
- Granado, F., B. Olmedilla, I. Blanco (2003): Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. Review article. *British Journal of Nutrition* (2003), 90, 487-502.
- Grobas, S., J. Mendez, R. Lazaro, C. de Blas, G.G. Mateos (2001): Influence of Source and Percentage of Fat Added to Diet on Performance and Fatty Acid Composition of Egg Yolks of Two Strains of Laying Hens. *Poultry Science*, 80:1171-1179

20. Hasler, C. M. (2002): Functional foods: Benefits, Concerns and Challenges—A Position Paper from the American Council on Science and Health. *J. Nutr.* 132, 3772–3781.
21. Higdon, J. (2004): "Vitamin E". Micronutrient Information Center, Linus Pauling Institute, <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/vitamins/vitaminE> (pristupljeno 11.2.2011.)
22. Jiang Y.H., R.B. McGeachin, C.A. Bailey (1994): alpha-tocopherol, beta-carotene, and retinol enrichment of chicken eggs. *Poult. Sci.*, 73(7), 1137-43.
23. 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.
24. Klecker, D., L. Zeaman, A. Bunesova (1997): Effect of organic selenium on the quality parameters of eggs. Proceedings of the 48<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Association of Animal Production, Vienna, August 25-28, 1997.
25. Kralik, G, Z. Gajčević, P. Suchý, E. Straková, D. Hanžek (2009b): Effects of Dietary Selenium Source and Storage on Internal Quality of Eggs. *ACTA VET. BRNO*, 78, 219-222.
26. Kryukov, G.V., S. Castellano, S.V. Novoselov, A.V. Lobanov, O. Zehtab, R. Guigo, V.N. Gladyshev (2003): Characterization of mammalian selenoproteomes. *Science*, 300, 1439-1443.
27. Leeson, S., L. Caston (2004): Enrichment of Eggs with Lutein. *Poultry Science*, 83, 1709–1712.
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. Meluzzi, A., F. Sirri, N. Tallarico, A. Franchini (2001): Effect of different vegetable lipid sources on the fatty acid composition of egg yolk and on hen performance. *Archiv fur Geflügelkunde*, 65:207-213. (Poult. Abstr., 28:786)
30. Mishra, V.K., F. Temelli, B. Ooraikul (1993): Extraction and purification of w-3 fatty acids with an emphasis on supercritical fluid extraction - A review. *Food Res. Int.* 26: 217-226.
31. National Institute of Health (5/4/2009). "Vitamin E Fact Sheet". <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminE> (pristupljeno 12.2.2011)
32. Oldfield, J.E. (1999): Selenium World Atlas. Selenium-Tellurium Dev. Assoc., Grimbergen, Belgium
33. Pan, E.A., F. Rutz (2003): Sel-Plex for layers: egg production and quality responses to increasing level of inclusion. Poster presented at Alltech's 19<sup>th</sup> Annual Symposium on Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, Lexington, Kentucky, May 12-14, 2003.
34. Paton, N.D. A.J. Cantor (2000): Effect of dietary selenium source and storage on internal quality and shell strength of eggs. *Poultry Science*, 70 (Suppl. 1): 116
35. Payne, R.L., T.K. Lavergne, L.L. Southern (2005): Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration. *Poult Sci*, 84, 232-237.
36. Popijač, V., Prpić-Majić, D. (2002.): Koncentracije selenija u tlu i pšenici u okolici Koprivnice. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 53 (2): 125-133.
37. Pravilnik o kakvoći jaja, Narodne Novine br.: 115, 25.10.2006
38. Rayman, M.P. (2000): The Importance of Selenium to Human Health. *Lancet*, 366, 233–241.
39. Reilly, C. (1998): Selenium: A new entrant into functional food arena. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 114-118
40. Roberfroid, M.B. (2002): Global view on functional foods: European perspectives. *British Journal of Nutrition*, 88, 133-138.
41. Rutz, F., E.A. Pan, G.B. Xavier, M.A. Ancuti (2003): Meeting selenium demands of modern poultry: responses to Sel-Plex organic selenium in broiler and breeder diets. In: *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Proceedings of 19<sup>th</sup> Alltech's Annual Symposium*, Edited by Lyons, T.P. and Jacques, K.A., Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 147-161.
42. Sari, M., M. Aksit, M. Özdoğan, H. Basmacıoğlu (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.
43. Shahryar, H.A., R. Salamatdoust, S. Chekani-Azar, F. Ahadi, T. Vahdatpoor (2010): Lipid oxidation in fresh and stored eggs enriched with dietary  $\omega$ 3 and  $\omega$ 6 polyunsaturated fatty acids and vitamin E and A dosages. *African Journal of Biotechnology* Vol. 9(12), pp. 1827-1832.
44. Skřivan, M., I. Bubancova, M. Marounek, G. Dlouha (2010): Selenium and  $\alpha$ -tocopherol content in eggs produced by hens that were fed diets supplemented with selenomethionine, sodium selenite and vitamin E. *Czech J. Anim. Sci.*, 55, 2010 (9): 388–397

45. Surai, P.F. (2006): Selenium in Nutrition and Health. Nottingham, Nottingham University Press.
46. Surai, P.F., F.O. Yaroshenko, Y.F. Yaroshenko, F. Karads, N.H.C. Sparks (2004): Consumption of selenium-enriched eggs improves status in human volunteers. Proceedings of XXII World's Poultry Congress, Istanbul, Turkey.
47. Surai, P.F., N.H.C. Sparks (2001): Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. Trends in Food Science & Technology, 12, 7-16
48. Suzuki, K., T. Ohmori, T. Okada, K. Oguri, E. Kawamura (1994). Effect of an increase of dietary linseed oil on fatty acid composition and  $\alpha$ -tocopherol in hen's egg yolk. Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi - Journal of the Japan Society of Nutrition and Food Sciences, 47: 23-27.
49. Škrtić, Z., G. Kralik, Z. Gajčević, I. Bogut, D. Hanžek (2007): The increase of the n-3 PUFA content in eggs. Poljoprivreda, 13(2), 47-52.
50. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 23 (2010), [http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list\\_nut\\_edit.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl) (pristupljeno 10.2.2011)
51. Valavan, S. Ezhil, B. Mohan, D. Chandrasekaran, K. Mani, B.Mohan, S.C.Edwin (2006): Effects of various n-3 lipid sources on the quality characteristics and fatty acids composition of chicken egg. [www.cabi.org/animalscience/Uploads/File/AnimalScience/additionalFiles/WPSAVerona/10233.pdf](http://www.cabi.org/animalscience/Uploads/File/AnimalScience/additionalFiles/WPSAVerona/10233.pdf) (pristupljeno 11.2.2011.)
52. Van Elswyk, Mary E. (1997): Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. *British Journal of Nutrition* (1997), 78, Suppl. 1, S61-S69
53. Vass N., L. Czegledi, A. Javor (2008): Significance of functional foods of animal origin in human health. *Lucrări științifice Zootehnie și Biotehnologii*, Timișoara, 41(2), 263-268.
54. Wakebe, M. (1999): Organic selenium and egg freshness. Poster presented at Alltech's 15<sup>th</sup> Annual Symposium on Biotechnology in the Feed Industry, Lexington, Kentucky, USA.
55. Yaroshenko, F.A., J.E. Dvorska, P.F. Surai, N.H.C. Sparks (2003): Selenium/vitamin E enriched eggs: nutritional quality and stability during storage. Poster presented at Alltech's 19<sup>th</sup> Annual Symposium on Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, Lexington, Kentucky, May 12-14, 2003.

## SUMMARY

The topic „functional food“ has recently been well presented in media and in everyday communication, which affects consumers' awareness of the availability of functional products on the market and benefits of such food on their health. Functional food is determined as every food which, in addition to its basic nutrients, contains ingredients that positively affect human health and reduce disease risks. Hen egg is an excellent source of high biological value protein, the A, B group, D and E vitamins, as well as minerals such as iron, phosphorus and potassium. Feeding laying hens with different diets influences changes in the certain nutrients content in eggs (fatty acids, fat-soluble vitamins and minerals), thus affecting production of eggs with increased desirable functional ingredients. Such eggs are labeled as functional food and are low-priced and easily available on the market. Consumption of functional products provides greater opportunity for preventive action aiming at preserving health. This paper provides a general overview of functional food development, the use of functional ingredients in laying hens feed, production of eggs enriched with respective ingredients and their positive effects on human health.

Key words: functional food, hen egg, health