

## LUTEIN U HRANIDBI KOKOŠI

## LUTEIN IN HENS NUTRITION

**G. Kerep, Z. Škrtić, Gordana Kralik, Zlata Kralik, I. Križek, Manuela Grčević**

Stručni članak – Professional paper  
Primljeno - Received: 28. prosinac - December 2012

### SAŽETAK

U radu je opisan lutein, njegov utjecaj na ljudsko zdravlje, sadržaj u smjesama za nesilice te mogućnost povećanja njegova sadržaja u žumanjku jajeta. Lutein se ubraja u skupinu karotenoida i podskupinu ksantofila. Od karotena razlikuje se po tome što sadrži kisik na lancu ugljikovih atoma. Istaknut je pozitivan utjecaj luteina na zdravlje ljudi (očuvanje vida i sprečavanje nastanka različitih oblika tumora). Upravo zbog izraženog antioksidacijskog djelovanja u novije vrijeme je poželjan u ljudskoj prehrani. U hranidbi kokoši lutein se prvenstveno koristio kao jedan od prirodnih pigmentata pomoću kojih se dobivala žuta boja žumanjka i kože tovnih pilića. Narančasta boja žumanjka rezultat je ostalih karotenoida. Mnogobrojni znanstveni radovi upućuju na mogućnost povećanja sadržaja luteina u žumanjku jajeta. Negativne posljedice uključivanja veće količine luteina u smjese za kokoši su loš utjecaj na akumulaciju poželjnih n-3 masnih kiselina i nekih vitamina u mesu i jajima te loša konverzija iz hrane u žumanjak. Maksimalna preporučena količina luteina u smjesi je do 250 mg/kg hrane. Veće količine od navedenih nemaju više izražen učinak na akumulaciju luteina u jajima kokoši. Konzumacija jaja s većim sadržajem luteina imala bi pozitivan utjecaj na zdravlje ljudi, a proizvodnja takvih jaja osigurala veću zaradu proizvođačima.

Gljučne riječi: lutein, karotenoidi, jaje, žumanjak

### UVOD

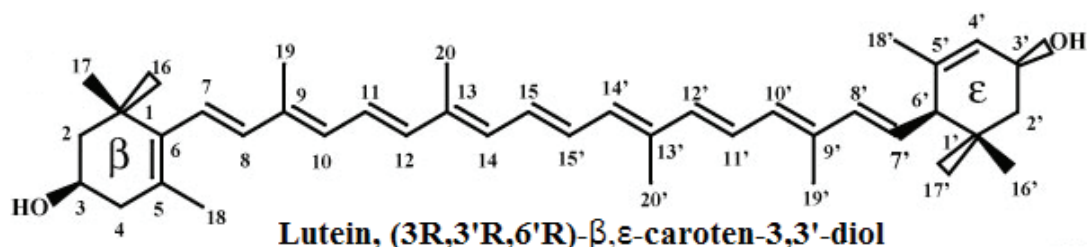
Lutein (lat. *žuti*) je prirodni pigment. Uglavnom se nalazi u voću, povrću, žitaricama i jajima (Blums, 2000.; Johnson, 2004.). Ubraja se u skupinu karotenoida, topivih u mastima koje još nazivaju i ksantofili (Yeum i Russell, 2002.). Ksantofili imaju jednu ili više molekula kisika na lancu ugljika i za razliku od ostalih karotenoida, nemaju sposobnost ili su vrlo ograničeni u stvaranju vitamina A (Castenmiller i West, 1998.).

Lutein je izomer sa zeaksantinom od kojeg se razlikuje jedino po položaju jedne dvostruke veze unutar terminalnog prstena. Zbog toga se u prošlosti sadržaj luteina izražavao zajedno sa sadržajem zeaksantina zbog nemogućnosti njihovog razdvaja-

nja, međutim razvojem analitičkih tehnika u novije vrijeme sadržaj svakog od navedenih ksantofila se izražava zasebno. Jaje sadrži 0,3 do 0,5 mg ukupnih ksantofila, od čega je samo nešto više od pola prisutno u obliku luteina (Steinberg i sur., 2000.). Na tablici 1 prikazan je sadržaj luteina i zeaksantina u nekim namirnicama (USDA, 2012.).

Iz prikazane tablice može se uočiti kako je sadržaj luteina u žumanjku jaja niži nego u povrću. Međutim, bioiskoristivost luteina iz žumanjka veća je u odnosu na lutein iz povrća (Johnson, 2004.). Žumanjak jajeta sastoji se od lipidnog matriksa u kojem su raspršeni lutein i zeaksantin, zajedno s ostalim mikronutrijentima topivim u mastima (npr. vitaminima). Zbog toga je lutein iz žumanjka lako probavljiv i vrlo bioiskoristiv za ljude. Nasuprot tome, karote-

Goran Kerep, student diplomskog studija, prof.dr.sc. Zoran Škrtić (szoran@pfos.hr), prof.dr.sc.dr.h.c. Gordana Kralik, doc.dr.sc. Zlata Kralik, Manuela Grčević, dipl.inž. - Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, K.P. Svačića 1d, Osijek, Hrvatska  
Dr.sc. Ivan Križek - Phoenix Farmacija d.d. Ozaljska 95, Zagreb, Hrvatska



Slika 1. Strukturna formula luteina (Krinsky i sur., 2003.)

Figure 1. Structural formula of lutein (Krinsky et al., 2003)

noidi unutar kloroplasta i kromoplasta biljaka puno su manje iskoristivi u ljudskom organizmu (Selvaraj i sur., 2006.). Osim toga, vlakna iz biljaka, kao što je npr. pektin, dodatno smanjuju bioiskoristivost luteina iz biljaka (Handelman i sur., 1999.). Roodenburg i sur. (2000.) ističu kako se apsorpcija karotenoida odvija pasivnom difuzijom zajedno s mastima iz stvorenih micela. Navedeni autori također navode kako količina masti u hrani nema utjecaja na bioiskoristivost karotena, ali ima na estere luteina. Za optimalno iskorištenje luteina neophodna je veća količina masti u crijevima ljudi, u odnosu na karotene koji se dobro resorbiraju i u prisutnosti manjih količina masti. Masti žumanjka neophodne su za učinkovitu apsorpciju vitamina E i luteina u ljudskim crijevima. Šest grama lipida iz žumanjka jajeta dovoljno je za učinkovitu apsorpciju vitamina E i luteina u ljudskim crijevima (Van het Hoff, 2000.). Alves-Rodrigues

(2004.) ističe kako je u ljudskom serumu prisutan samo slobodni lutein. Luteinski esteri u prirodi su diestri luteina s dvije masnokiselinske skupine na mjestima na kojima se na slobodnom luteinu nalaze hidroksilne skupine. Lutein ne sadrži esterificirane masne kiseline te se stoga u ljudskom tijelu direktno apsorbira. Luteinski ester se prije apsorpcije mora konvertirati u slobodni lutein hidrolizom masnih kiselina. U slobodnoj prodaji lutein se može kupiti u ljekarnama i trgovinama u obliku tableta kao skupi preparat. Proizvodnja jaja i mesa s povećanim sadržajem luteina je zanimljiva kako zbog brige za kvalitetnijom prehranom stanovništva tako i zbog stvaranja većeg prihoda proizvodnjom namirnica s dodanom vrijednošću. Kod ljudi je važan za očuvanje funkcije normalnog vida. Lutein i zeaksantin jedini su karotenoidi koji se nalaze u ljudskoj mrežnici i leći.

Tablica 1. Sadržaj luteina i zeaksantina u nekim prehrambenim namirnicama (USDA, 2012.)

Table 1. Lutein and zeaxanthin content in some foodstuffs (USDA, 2012)

Namirnica - Foodstuffs	Lutein i zeaksantin (mg/100 g) Lutein and zeaxanthin (mg/100 g)
Špinat – Spinach	12,2
Grašak – Peas	2,5
Salata – Settuce	1,7
Brokula – Broccoli	1,7
Bundeva – Pumpkin	1,5
Kukuruz – Maize	0,8
Žumanjak jajeta - Egg yolk	1,1

## ZNAČAJ LUTEINA ZA ZDRAVLJE LJUDI

U SAD-u procijenjeni dnevni unos luteina i zeaksantina u ljudski organizam manji je od 1 mg po danu (Landrum i Bone, 2001.), što je puno manje od preventivne razine testirane za te pigmente (Granado i sur., 2003.). U razvijenim zemljama ljudi unose sve manje dnevne količine lisnatih biljaka u organizam, a samim time i luteina. Osim toga, unos luteina u ljudski organizam najveći je u proljeće, a zatim opada tijekom ljeta, jeseni i zime. Stoga unos luteina podrijetlom iz jaja ima još jednu prednost zato što ne ovisi o varijacijama u godišnjim dobima. Ljudske potrebe za luteinom nisu jasno određene, a preporučeni dnevni unos od 10 do 20 mg (Leeson i Caston, 2004.). Zbog smanjenog unosa luteina u ljudski organizam postoji opasnost od razvijanja još izraženijih deficita. Makularna degeneracija je vodeći uzrok sljepoće u razvijenim zemljama. Do danas se kao najučinkovitija prevencija pokazao povećani unos luteina. Lutein se akumulira u makularnoj regiji oka i pridonosi sprečavanju nastanka sljepila. Zajedno sa zeaksantinom apsorbira plavi dio spektra koji oštećuje mrežnicu oka, a smatra se uzrokom iniciranja degeneracije osjetljive površine membrane (Landrum i Bone, 2001.). U većini znanstvenih istraživanja koja se odnose na lutein i optičku gustoću makularnog pigmenta dnevni unos bio je do 30 mg. Luteinu se pripisuje antioksidativna uloga u makularnim površinskim membranama (Rapp i sur., 2000.). Osim navedenog, ksantofili pozitivno utječu na imunitet, povećavaju IgG i proliferaciju T stanica (Kim i sur., 2000.a; Kim i sur., 2000.b) te sudjeluju u sprečavanju nastanka nekih tumora (tumor pluća, debelog crijeva, prostate i dojke), što se može pripisati njihovoj antioksidativnoj funkciji (Van Poppel, 1993.; Van Poppel i Goldbohm, 1995.; Giovannucci, 1999.; Sharoni i sur., 2003.; Chew i Park, 2004.; Selvaraj i sur., 2006.). Povećani unos ksantofila ima značajan utjecaj na sprečavanje razvoja mrežnice (Johnson i sur., 2000.; Moeller i sur., 2000.). Međutim, Johnson i sur. (2000.) ističu kako je nakupljanje luteina i zeaksantina u makularnom pigmentu iz hrane kod ljudi prilično individualno zbog još uvijek nepoznatih razloga. U novijim istraživanjima utvrđeno je kako visoki unos kantaksantina koji se koristi kao umjetni pigment u hranidbi nesilica, u ljudski organizam rezultira odlaganjem pigmentnih kristala u mrežnici. Takvi kristali mogu oštetiti mrežnicu i time negativno utjecati na osjetilo vida kod ljudi. Najniža razina unosa kantaksantina u ljudski organizam,

koja dovodi do nakupljanja kristala u mrežnici, je 0,5 mg/kg tjelesne mase (Olsen, 1996.). U cilju zaštite ljudi od neželjenih posljedica primjene kantaksantina Znanstveni odbor za hranidbu životinja (Scientific Committee for Animal Nutrition, SCAN, 2002) donio je ograničenja za upotrebu navedenog pigmenta u hranidbi nesilica i tovnih pilića.

## LUTEIN U HRANIDBI KOKOŠI

U hranidbi kokoši kukuruz je najzastupljenije krmivo. Zrno kukuruza sadrži 11-30 mg karotenoida/kg. U obroku za kokoši 5-15 mg karotenoida/kg smjese podrijetlom je iz kukuruza (Moros i sur., 2002.). Karotenoidima se pripisuju brojne korisne aktivnosti, kako prirodnim molekulama tako i vitaminu A koji nastaje od njih (Fraser i Bramley, 2004.). U komercijalnom tovu pilića sadržaj ksantofila u obrocima varira i kreće se do 50 mg/kg smjese (Selvaraj i sur., 2006.). Pilići učinkovito mogu apsorbirati i iskoristiti do 57,7 mg karotenoida/kg hane (Koutsos i sur., 2003.). Nesilice ne mogu sintetizirati karotenoide koji su odgovorni za boju žumanjka. Stoga se isključivo putem hranidbe može utjecati na boju žumanjka i sadržaj karotenoida. U hranidbi nesilica često se koriste sintetski pigmenti kako bi se postigla odgovarajuća boja žumanjka (apo-8-ester za žutu boju) te kantaksantin i citranaksantin (za narančastu boju žumanjka, Grashorn i Steinberg, 2002.). Prema odredbama Znanstvenog odbora za hranidbu životinja hrana za nesilice može sadržati maksimalno 8 mg kantaksantina/kg hrane, a hrana tovnih pilića 25 mg/kg hrane. Lutein se u hranidbi kokoši prvenstveno koristio u cilju pigmentacije žumanjka jaja i kože. Boja žumanjka nastaje kao vidljivi rezultat nakupljanja karotenoida i u direktnoj je vezi s koncentracijom pigmenta u hrani. Kako bi se postigla žuta boja žumanjka, u hrani se trebaju nalaziti žuti i crveni pigmenti. Prirodni izvori žutih karotenoida (luteina i zeaksantina) su kukuruz, lucerna i kadifca (*Tagetes erecta*). Prirodni izvori crvenih karotenoida (kapsantin i kapsorubin) su oleoresini iz paprike, međutim često se koriste i već ranije spomenuti sintetski pigmenti. Boja žumanjka najčešće se mjeri korištenjem Rocheove lepeze. Boje na skali Rocheove lepeze su od 1 (svjetlo žuta) do 15 (tamno narančasta). Hernandez (2005.) navodi da je konzumentima u nekim državama EU boja žumanjka izrazito važan čimbenik kvalitete jaja (Francuska, Velika Britanija, Njemačka), dok u drugima

nije presudan (Španjolska i Italija). Tako konzumenti u Velikoj Britaniji i Francuskoj preferiraju svjetliju boju žumanjka u odnosu na stanovnike Njemačke, Španjolske i Italije. Kod konzumnih jaja u RH Kralik i sur. (2006.) navode da se vrijednosti boje žumanjka u prosjeku kreću od 12,76 do -13,08, što je na razini zahtjeva konzumenata Njemačke koji smatraju da je žumanjak kvalitetan kada mu je stupanj obojenosti između 12 i 14. Za hranidbu kokoši najčešće se koristi lutein ekstrahirano iz meksičke kadifice (*Tagetes erecta*, L.), zaslužan za intenzivnu boju cvijeta. Kadifice (rod *Tagetes*) podrijetlom su sa suhih i vrućih staništa Južne i Sjeverne Amerike. Iz biljke se lutein ekstrahira pomoću otapala kako bi se proizveo aditiv koji se koristi u hranidbi kokoši (Wu i sur., 2009.). Čak 95% dostupnog esterificiranog luteina dobiveno je prirodnom ekstrakcijom iz kadifice (Breithaupt, 2002.). Slobodni lutein iz kadifice dobiva se saponifikacijom otopljenog ekstrakta (Larsen i Christensen, 2002.). Međutim, hidroksilne grupe i dvostruke veze slobodnog luteina osjetljive su na saponifikaciju (Oliver i sur., 1998.). Wu i sur. (2009.) preporučuju kako je u cilju industrijskog povećanja sadržaja luteina u žumanjku bolje koristiti esterificirani oblik zbog izraženije stabilnosti u odnosu na slobodni lutein. Bioiskoristivost luteina kod nesilica istražili su Wu i sur. (2009.). Dvije skupine nesilica tijekom dva tjedna hranjene su s 15 mg/kg smjese luteina u slobodnom i esterificiranom obliku. Lutein u plazmi određen je na početku pokusa, a zatim 3., 7. i 14. dana. Autori su zaključili kako koncentracija luteina u plazmi, u oba oblika, naglo raste nakon njegovog dodavanja u smjesu za nesilice. Također, nisu utvrdili statistički značajne razlike u sadržaju luteina u plazmi, a time i njegovu bioiskoristivost, s obzirom na oblik dodatnog pigmenta tijekom 7. i 14. dana pokusa. Jedina razlika u bioiskoristivosti luteina utvrđena je nakon 3. dana pokusa. Tada je zabilježena veća razina ( $P < 0,05$ ) slobodnog luteina u plazmi u odnosu na esterificirani. Autori navedenu razliku tumače lakšom apsorpcijom slobodnog luteina iz plazme kroz stijenku crijeva, za razliku od lutein estera koji se prethodno mora hidrolizirati. Nasuprot navedenim autorima, Bowen i sur. (2002.) izvijestili su o većoj bioiskoristivosti lutein estera u odnosu na slobodni oblik, iako niti oni nisu utvrdili statistički značajne razlike između skupina. Kemijski oblik također ima značajan utjecaj na pigmentaciju žumanjka, ali kao i u slučaju slobodnog ili esterificiranog oblika luteina, rezultati istraživanja nisu konzistentni. Papa i sur. (1985.) izvijestili su kako saponifikacija nema utjecaja na

boju žumanjka. Lai i sur. (1996.) ističu kako saponificirana paprika, u usporedbi s nesaponificiranom paprika-oleoresinom, nema utjecaj na boju žumanjka. Galobart i sur. (2004.) zaključuju kako saponifikacija ekstrakata paprike i kadifice poboljšava boju žumanjka. Ksantofili se transportiraju u LDL i HDL lipoproteinima te stoga masti imaju važnu ulogu u njihovoj apsorpciji i metabolizmu (Yeum i Russell, 2002.). Na iskoristivost ksantofila iz smjese također utječe i razina masti, kao i zasićenost masnih kiselina. Utjecaj interakcije različitih razina masti (3% i 6%) i luteina (0, 25 i 50 mg/kg smjese) na svojstva makrofaga istražili su Selvaraj i sur. (2006.). Kao izvor masti korištena je kombinacija suncokretovog i ribljeg ulja u omjeru 1:0,86%. Različite razine masti i luteina u smjesi za piliće nisu imali utjecaja na njihovu tjelesnu masu i tovnost svojstva. S povećanjem sadržaja luteina u smjesi značajno se povećavao i sadržaj luteina u plazmi i monocitima ( $P < 0,05$ ). Interakcija različitih razina masti i luteina nije imala utjecaja na sadržaj masnih kiselina u monocitima. Međutim, s povećanjem sadržaja luteina u smjesi uočeno je smanjenje sadržaja EPA ( $P = 0,04$ ). Također, izražen je i trend ( $P = 0,08$ ) snižavanja sadržaja ukupnih n-3 PUFA (omega-3 masnih kiselina) s povećanjem sadržaja luteina u obroku. Nasuprot luteinu, n-3 PUFA povećavaju bioiskoristivost  $\beta$ -karotena (Castenmiller i West, 1998.). Nedostatak luteina u rasplodnim jajima ima loš utjecaj na imunost izleglih pilića (Selvaraj i sur., 2006.). Pilići koji su se izlegli iz jaja s malim sadržajem karotenoida, čak i kada se počnu hraniti smjesama u kojima ih ima dovoljno, imaju značajno smanjeni timus, jetru i sadržaj karotenoida u koži, u odnosu na piliće izlegle iz jaja s dovoljnom razinom karotenoida (Koutsos i sur., 2003.).

#### POVEĆANJE SADRŽAJA LUTEINA U JAJIMA I MESU KOKOŠI

Sadržaj luteina u žumanjku jajeta može se povećati putem hranidbe (Leeson i Caston, 2004.). Zbog toga je moguće proizvesti kokošja jaja obogaćena luteinom i na taj način ponuditi potrošačima funkcionalnu namirnicu koja može imati pozitivan učinak na njihovo zdravlje. Jaje je bogati i balansirani izvor esencijalnih amino i masnih kiselina, kao i nekih minerala i vitamina. Relativno lagano može se povećati sadržaj poželjnih masnih kiselina u jajima. S obzirom da lutein ima antioksidativna svojstva, pretpostavka je da dodatkom luteina u hranu za perad možemo utjecati na povećanu stabilnost PUFA (polinezasi-

ćenih masnih kiselina) tijekom skladištenja i čuvanja peradskih namirnica. Značajnost poboljšanja nutritivne vrijednosti mesa i jaja kokoši potvrđuje i činjenica kako je vodeći uzrok smrti u SAD-u i razvijenim zemljama EU nekvalitetna prehrana stanovništva, čime se stvaraju preduvjeti za razvoj koronarnih srčanih bolesti i određenih tipova tumora (Milner, 2000.; Milner i Craig, 2000.). Vitamin E, selen i lutein štite DHA od oksidacije tijekom apsorpcije i metabolizma, ali i sprečavaju razvoj okusa i mirisa po ribi. Lutein ima ulogu da u interakciji s vitaminom E i fosfolipidima povećava antioksidacijski potencijal i dužinu skladištenja jaja. Selen kao integralni dio antioksidacijskog enzima glutation-peroksidaze štiti crijevne membrane od lipidne peroksidacije tijekom resorpcije DHA. Primjer poželjne namirnice za zdravlje ljudi je tzv. „super jaje“ (Surai i Sparks, 2001., tablica 2) koje se po svojim karakteristikama ubraja u funkcionalnu namirnicu. Na tablici je prikazana mogućnost značajnog povećanja sadržaja određenih nutrijenata (vitamin E, lutein, selen, DHA) koji imaju pozitivan utjecaj na zdravlje ljudi. Može se zaključiti kako je konzumacijom jednog jajeta moguće zadovoljiti 150% dnevnih potreba za vitaminom E, 50% potreba za selenom, 100% potreba za DHA te značajnom količinom luteina. Pažljivim odabirom krmiva za smjesu nesilica moguće je povećati sadržaj selena za 7,7 puta, vitamina E za 26,8 puta, luteina za 15,9 puta i DHA za 6,4 puta u obogaćenom u odnosu na „obično“ jaje (Surai i Sparks, 2001.).

Budući da prirodni antioksidansi imaju važnu ulogu u prevenciji bolesti nastalih zbog stresa, jaja kokoši i meso pilića mogli bi imati važnu ulogu za ljude koji žive u opasno zagađenim područjima (npr. Černobil), kao i u područjima s niskim temperaturama (polarne ekspedicije) te ostalim ekstremnim uvjetima (podvodne ekspedicije). Također, veliku važnost mogli bi imati i za najosjetljivije kategorije ljudi (djeca, starije osobe, trudnice), navode Surai i Sparks (2001.). U žumanjku jajeta može se povećati sadržaj luteina za pet do osam puta. Navedeno povećanje sadržaja luteina u jajima predstavlja značajan doprinos ljudskoj prehrani. Žumanjak obogaćenog jajeta sadrži 1,5 do 2 mg luteina (Leeson i Caston, 2004.), što je puno ako se uzme u obzir procijenjeni dnevni unos stanovnika SAD-a, koji je manji od 1 mg (Landrums i Bone, 2001.). Ne postoji dovoljno informacija o učinkovitosti transporta različitih ksantofila u jaje i o čimbenicima koji utječu na njegovo odlaganje u žumanjku (Leeson i Caston, 2004.). Grashorn i Steinberg (2002.) utvrdili su 40%-tnu konverziju doda-

nog kantaksantina iz hrane u jaja nesilica. Međutim, u istom istraživanju, učinkovitost transfera luteina iz hrane u jaja bio je oko 10% i čini se da se smanjivala s većom razinom pigmenta u hrani. S navedenom tvrdnjom slažu se Leeson i Caston (2004.), koji ističu kako se s povećanim dodavanjem luteina u smjesu za nesilice povećava i sadržaj luteina u žumanjku, ali do određene granice. Prema navedenim autorima, uključivanje više od 375 ppm luteina u obrok za nesilice nije pratilo daljnje povećanje sadržaja pigmenta u žumanjku jajeta. U njihovom pokusu povećanje sadržaja luteina u smjesi bilo je od 0 do 1000 ppm. Steinberg i sur. (2000.) također navode smanjenje učinkovitosti transfera luteina iz smjese u žumanjak, iako je povećanje dodanog pigmenta u smjesama njihova pokusa bilo samo od 0 do 120 ppm.

Leeson i Caston (2004.) proveli su dva usporedna istraživanja u kojima su obogatili jaja luteinom. U prvom istraživanju nesilice su hranjene smjesom na bazi kukuruza i soje u koju je dodan lutein u udjelima od 0, 125, 250, 375, 500, 625, 750 i 1000 ppm. U drugom istraživanju nesilice su hranjene s tri različite smjese. Prva smjesa bila je na bazi kukuruza i soje, usporediva sa smjesom u prvom istraživanju. U drugu smjesu uključen je kukuruzni gluten i lucerna te dodano kukuruzno ulje umjesto životinjske/biljne masti. Treća smjesa je, pored kukuruznog glutena i lucerne, sadržavala i mljeveno laneno sjeme. U smjese je dodan lutein u udjelima od 0, 125, 250 i 500 ppm. U sklopu prvog istraživanja, s porastom sadržaja luteina u smjesi rastao je i sadržaj luteina u jajima ( $P < 0,01$ ), iako se efikasnost prijenosa luteina iz smjese u jaja naglo smanjivala s porastom sadržaja luteina u hrani. Najprimjetniji porast sadržaja luteina u jajima javio se već kod početnog dodatka 125 ppm luteina u smjesu, dok je najveća razina obogaćenja postignuta dodatkom 500 ppm luteina. Autori su primijetili da nije bilo razlike u sadržaju luteina u jajima pri dodatku luteina u udjelima od 375 do 1000 ppm u smjese ( $P > 0,05$ ). Sadržaj luteina u žumanjku povećan je s 0,16 mg/60 g jajeta (0 ppm) na 1,17 mg/60 g jajeta pri 125 ppm luteina u hrani, odnosno na 1,49 mg/60 g jajeta pri dodatku 500 ppm luteina u hranu. Vrijednosti boje žumanjka značajno su povećane već nakon sedam dana hranidbe nesilica obogaćenom smjesom i to sa 6/7 na 12/13 po Rocheovoj skali, ali dodatak luteina u udjelu višem od 250 ppm nije utjecao na daljnje povećanje vrijednosti boje. Rezultati drugog istraživanja pokazali su da je dodatak kukuruznog glutena i lucerne pogodovao odlaganju luteina u jajima, dok

**Tablica 2. Sadržaj nutrijenata u tzv. „super jajetu“ (Surai i Sparks, 2001.)****Table 2. Nutrients content of in “super egg” (Surai and Sparks, 2001)**

Nutrijent Nutrient	Količina (mg) Quantity (mg)	% preporučenog dnevnog unosa % of recommended daily intake	Sličnu količinu sadrži: Similar quantity is contained in :
Vitamin E	19,3	150	100 g kukuruznog ulja-maize oil 150 g margarina-margarine 300 g kikirikija-peanuts 1 kg maslaca-butter 10 kg mesa-meat
Lutein	1,91	Nema	50 g celera-celery 100 g zelenog graška-green peas 200 g šparoge-asparagus 200 g paprike-pepper
Selen-Selenium	0,032	50	100 g pšeničnog kruha-wheat bread 500 g mesa-meat 1kg povrća-vegetables
DHA	209	100	49 g sardina-sardines 150 g bakalara-cod fish 180 g šarana-carp
„Obično“ jaje sadrži 0,72 mg vitamina E, 0,12 mg luteina, 0,004 mg selena i 32,4 mg DHA „Regular“ egg contains 0.72 mg of vitamin E, 0.12 mg of lutein, 0.004 mg of selenium and 32.4 mg of DHA			

je uključivanje lanenog sjemena u smjese djelomično smanjilo odlaganje luteina, što autori smatraju zabrinjavajućim jer je sve veći naglasak na proizvodnji jaja istovremeno obogaćenih različitim funkcionalnim sastojcima. Analiza jaja pokazala je povećanje sadržaja luteina s 0,18 mg/60 g jajeta (0 ppm) na 1,65 mg/60 g jajeta dodatkom 500 ppm luteina u grupi sa smjesom na bazi soje i kukuruza. Uključivanjem kukuruznog glutena i lucerne u smjesu razina luteina povećala se s 0,29 mg/60 g jajeta na 2,04 mg/60 g jajeta (500 ppm). U grupi nesilica kojima je u smjesu dodano i laneno sjeme također je primijećen porast sadržaja luteina s 0,24 mg/60 g jajeta (0 ppm) na 1,39 mg/60 g jajeta (500 ppm), iako je obogaćivanje bilo manje u odnosu na prethodne dvije grupe. Najveće obogaćivanje žumanjka zabilježeno je u grupi nesilica hranjenih smjesom s kukuruznim glutenom i lucernom i dodatkom 500 ppm luteina. Međutim, efikasnost transfera luteina u žumanjak također je bila vrlo niska pri dodatku viših razina luteina u hranu. Autori zaključuju da je moguće povećati sadržaj lute-

ina u jajima 5 do 8 puta iznad uobičajenih vrijednosti i da takva obogaćena jaja mogu značajno doprinijeti ljudskoj prehrani. Leeson i sur. (2007.) istraživali su dugotrajni učinak luteina i lana na nesivost kokoši i sastav jaja. Nesilice su hranjene obrocima koji su sadržavali 0% i 10% lana te 0, 125 i 250 ppm luteina tijekom jedanaest 28 dnevnih razdoblja. Na početku pokusa nesilice su bile stare 18 tjedana. Hranidbeni tretmani nisu imali utjecaja na konzumaciju hrane, masu jaja i deformacije ljuske, međutim u skladu s već navedenim istraživanjima, dodatak luteina značajno je utjecao na boju žumanjka i njegov sadržaj u žumanjku. Sadržaj luteina povećao se s početnog 0,10 mg na 1,60 mg/60 g jaja. Autori također ističu značajno smanjenje uočenih krvarenja na jetri kada je u obrok uključen lutein, što upućuje da, unatoč neutvrđenom utjecaju na proizvodnju i masu jaja, te konzumaciju hrane i kvalitetu ljuske jajeta, dodatak luteina može utjecati na dobrobit nesilica. Iako se već nakon sedam dana od početka korištenja smjesa s dodanim luteinom mogu primijetiti promjene u

boji žumanjka, ne očekuje se i tako brza bioakumulacija luteina u žumanjku. Leeson i Caston (2004.) navode da je potreban barem 21 dan hranidbe nesilica kako bi se sadržaj luteina značajno povećao u žumanjku jajeta. Lutein je zanimljiv za uključivanje u proizvodnju jaja kao funkcionalne namirnice zajedno s npr. n-3 PUFA, Se i sličnim nutraceuticima. Međutim, Leeson i Caston (2004.) ističu da dodavanje luteina u smjesu s lanenim sjemenom (8%) nije rezultiralo očekivanim povećanjem sadržaja pigmenta u žumanjku. Sadržaj luteina u jajima nesilica hranjenih s dodatkom lanenog sjemena bio je niži nego kod onih koji su u smjesi dobivali glutensko ili lucerkino brašno. Problemi s lošijom probavom obroka koji sadrže laneno sjeme mogu biti uzrokom i lošijeg iskorištenja dodanog luteina u smjesama za nesilice (Bean i Leeson, 2002.; Leeson i Caston, 2004.). Također, povećanjem sadržaja karotenoida u hrani za kokoši smanjuje se odlaganje vitamina A i nekih vitamina B u žumanjku jajeta. Isto tako, ako se poveća sadržaj vitamina A u smjesi, smanjuje se odlaganje karotenoida u žumanjcima jaja (Vila, 1999.).

## ZAKLJUČAK

Lutein se ubraja u skupinu karotenoida, podskupinu ksantofila koji sadrže hidroksilnu skupinu na ugljikovom lancu, za razliku od karotena. U proizvodnji mesa pilića i jaja kokoši prvenstveno se koristi kao prirodni pigment u cilju dobivanja poželjne boje peradarskih proizvoda.

Lutein i zeaksantin sastojci su makularnog pigmenta. Štite oko od antioksidacijskih procesa i filtriraju plavu svjetlost koja ima negativan utjecaj na vid. Karotenoidi imaju pozitivan učinak na ljudsko zdravlje jer sprečavaju pojavu tumora, ali i sudjeluju u njihovom povlačenju, odnosno nestanku. Dokazan je pozitivan utjecaj karotenoida na tumore debelog crijeva, prostate, dojke i pluća.

U žumanjku jajeta može se povećati sadržaj luteina za pet do osam puta. Navedeno povećanje sadržaja luteina u jajima predstavlja značajan doprinos ljudskoj prehrani. Žumanjak obogaćenog jajeta sadrži 1,5 do 2 mg luteina (Leeson i Caston, 2004.), što je puno ako se uzme u obzir procijenjeni dnevni unos stanovnika SAD-a, koji je manji od 1 mg (Lan-drum i Bone, 2001.). Industrijski sintetizirani pigmenti koji se koriste za pigmentaciju žumanjka (npr. kantaksantin) imaju negativan utjecaj na zdravlje ljudi.

Lutein iz prirodnih izvora ili dobiven ekstrakcijom iz kadičica za sada nije pokazao štetne posljedice na ljudsko zdravlje.

Obogaćivanje jaja kokoši luteinom provedeno je u više istraživanja (Surai i Sparks, 2001.; Leeson i Caston, 2004.; Leeson i sur., 2007.). Sadržaj luteina u mesu i jajima značajno je povećan u odnosu na peradarske proizvode dobivene uobičajenom hranidbom pilića i nesilica.

Problemi vezani uz transfer luteina iz smjese u peradarske proizvode su: izvor i kemijski oblik luteina (Wu i sur., 2009.), niski intenzitet prijenosa (od 2-3% do 10% luteina iz smjese prijeđe u žumanjak jajeta; Grasshorn i Steinberg, 2002.; Leeson i Caston, 2004.) i loša interakcija sa smjesama koje sadrže krmiva bogata s n-3 PUFA (Leeson i Caston, 2004.). Maksimalna preporučena količina luteina u smjesi je do 250 mg/kg smjese. S količinama luteina višim od navedenih ne dobivaju se očekivani pozitivni učinci njegove akumulacije u žumanjku jajeta.

Proizvodnja kokošjih jaja obogaćenih luteinom predstavljala bi značajan doprinos zdravlju ljudi u Republici Hrvatskoj. Kao proizvod s dodanom vrijednošću također bi bio ostvaren i značajan profit gospodarstvenicima.

## LITERATURA

1. Alves-Rodrigues, A. (2004): Absorption of Lutein vs Lutein Esters: do we know the differences? Technical literature. Kermin, 1-7.
2. Bean, L.D., Leeson, S. (2002): Metabolizable energy of layer diets containing regular or heat-treated flaxseed. *Journal of Applied Poultry Research* 11: 424-429.
3. Blums, M. (2000): The hidden secrets of greens. *International Food Ingredients* 6: 7-10.
4. Bowen, P.E., Herbst-Espinosa, S.M., Hussain, E.A., Stacewicz-Sapuntzakis, M. (2002): Esterification Does Not Impair Lutein Bioavailability in Humans. *The Journal of Nutrition* 132: 3668-3673.
5. Breithaupt, D.E., Wirt, U., Bamedi, A. (2002): Differentiation between lutein monoester regioisomers and detection of lutein diesters from marigold flowers (*Tagetes erecta* L.) and several fruits by liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal Agriculture and Food Chemistry* 50: 66-70.
6. Castenmiller, J.J., West, C.E. (1998): Bioavailability and conversion of carotenoids. *Annual Review of Nutrition* 18: 19-38.

7. Chew, B.P., Park, J.S. (2004): Carotenoid action on the immune response. *Journal of Nutrition* 134: 257S–261S.
8. Fraser, P.D., Bramley, P.M. (2004): The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress in Lipid Research* 43: 228–265.
9. Galobart, J., Sala, R., Rincon-Carruyo, X., Manzanilla, E.G., Vila, B., Gasa, J. (2004): Egg yolk color as affected by saponification of different natural pigmenting sources. *The Journal of Applied Poultry Research* 13: 328–334.
10. Giovannucci, E. (1999): Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. *Journal of National Cancer Institute* 91: 317–331.
11. Granado, F., Olmedilla, B., Blanco, I. (2003): Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *British Journal of Nutrition* 90: 487–502.
12. Grashorn, M.A., Steinberg, W. (2002): Deposition rates of canthaxanthin in egg yolks. *Archiv für Geflügelkunde* 66: 258–262.
13. Handelman, G.J., Nightingale, Z.D., Lichtenstein, A.H., Schaefer, E.J., Blumberg, J.B. (1999): Lutein and zeaxanthin concentrations in plasma after dietary supplementation with egg yolk. *American Journal of Clinical Nutrition* 70: 247–251.
14. Hernandez, J.M. (2005): European Consumer Surveys about Egg Quality: How to Improve the Nutritional Value. DSM Nutritional Products Europe Ltd., Basel, Switzerland.
15. Johnson, E.J. (2004): A biological role of lutein. *Food Reviews International* 20(1): 1–16.
16. Johnson, E.J., Hammond, B.R., Yeum, K.J., Qin, J., Wang, X.D., Castaneda, C., Snodderly, D.M., Russell, R.M. (2000): Relation among serum and tissue concentrations of lutein and zeaxanthin and macular pigment density. *American Journal of Clinical Nutrition* 71: 1555–62.
17. Kim, H.W., Chew, B.P., Wong, T.S., Park, J.S., Weng, B.B.C., Byrne, K.M., Hayek, M.G., Reinhart G.A. (2000a): Modulation of humoral and cell-mediated immune responses by dietary lutein. in cats *Veterinary Immunology and Immunopathology* 73: 331–341.
18. Kim, H.W., Chew, B.P., Wong, T.S., Park, J.S., Weng, B.B.C., Byrne, K.M., Hayek, M.G., Reinhart, G.A. (2000b): Dietary lutein stimulates immune response in the canine. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 74: 315–327.
19. Koutsos, E.A., Clifford, A.J., Calvert, C.C., Klasing, K.C. (2003): Maternal carotenoid status modifies the incorporation of dietary carotenoids into immune tissues of growing chickens (*Gallus gallus domesticus*). *Journal of Nutrition* 133: 1132–1138.
20. Kralik, G., Z. Tolušić, Z. Gajčević, I. Kralik, D. Hanžek (2006): Commercial quality evaluation of different weight-grade eggs. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 10(2):199-206.
21. Krinsky, N.I., Landrum, J.T., Bone, R.A. (2003): Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. *Annual Review of Nutrition* 23: 171–201.
22. Lai, S.M., Gray, J.I., Flegal C.J. (1996): Deposition of carotenoids in eggs from hens fed diets containing saponified and unsaponified oleoresin paprika. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 72: 166–170.
23. Landrum, J.T., Bone, R.A. (2001): Lutein, zeaxanthin, and the macular pigment. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 385: 28–40.
24. Larsen, E., Christensen, L.P. (2002): Simple saponification method for the quantitative determination of carotenoids in green vegetable. *Journal Agriculture and Food Chemistry* 50: 1071–1072.
25. Leeson, S., Caston, L. (2004): Enrichment of eggs with lutein. *Poultry Science* 83: 1709–1712.
26. Leeson, S., Caston, L., Namkung, H. (2007): Effect of dietary lutein and flax on performance, egg composition and liver status of laying hens. *Canadian Journal of Animal Science* 87: 365–372.
27. Leeson, S., Summers, J.D. (1997): *Commercial Poultry Nutrition*. Publ. Univ. Books, Guelph, ON.
28. Milner, J.A. (2000): Functional Foods: The US Perspective. *American Journal of Clinical Nutrition* 71: 1654S–1659S
29. Milner, J.A., Craig, L. (2000): Introduction and Conference Goals. *American Journal of Clinical Nutrition* 71: 1653S
30. Moeller, S.M., Jacques, P.F., Blumberg, J.B. (2000): The potential role of dietary xanthophylls in cataract and age-related macular degeneration. *Journal of the American College Nutrition* 19: 522S– 527S.
31. Moros, E. E., Darnoko, D., Cheryan, M., Perkins, E.G., Jerrell, J. (2002): Analysis of xanthophylls in corn by HPLC *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 5787–5790.
32. Oliver, J., Plaou, A., Pon, S. (1998): Semi-quantification of carotenoids by high performance liquid chromatography: saponification-induced losses in fatty foods. *Journal of Chromatography* 829: 393–399.
33. Olsen, P. (1996): Canthaxanthin in: Toicological evaluation of certain food additives and contaminants in food. WHO Food Additives Series 35. WHO. Geneva. Switzerland.
34. Papa, C.M., Fletcher, D.L., Halloran, H.R. (1985): Utilization and yolk coloring capability of xanthophylls from synthetic and high xanthophyll concentrates. *Poultry Science* 64: 1464–1469.



35. Rapp, L.M., Maple, S.S., Choi, J.H. (2000): Lutein and zeaxanthin concentrations in rod outer segment membranes from perifoveal and peripheral human retina. *Investigative Ophthalmology Visual Science* 41: 1200–1209.
36. Roodenburg, A.J., Leenen, R., van het Hof, K.H., Weststrate, J.A., Tijburg, L.B. (2000): Amount of fat in the diet affects bioavailability of lutein esters but not of alpha-carotene, beta-carotene, and vitamin E in humans. *American Journal of Clinical Nutrition* 71(5): 1187–1193.
37. Scientific Committee for Animal Nutrition-SCAN (2002): Opinion on the use of canthaxanthine in feeding-stuffs for salmon and trout, laying hens, and other poultry. May 3<sup>rd</sup>, 2002.
38. Selvaraj, R.K., Koutsos, E.A., Calvert, C.C., Klasing, K.C. (2006): Dietary lutein and fat interact to modify macrophage properties in chicks hatched from carotenoid deplete or replete eggs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90: 70–80.
39. Sharoni, Y., Agbaria, R., Amir, H., Ben-Dor, A., Bobilev, I., Doubi, N., Giat, Y., Hirsh, K., Izumchenko, G., Khanin, M., Kirilov, E., Krimer, R., Nahum, A., Steiner, M., Walfisch, Y., Walfisch, S., Zango, G., Danilenko, M., Levy, J. (2003): Modulation of transcriptional activity by antioxidant carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine* 24: 371–384.
40. Steinberg, W., Grashorn, M.A., Klünter, A.M., Schierle, J. (2000): Comparative pigmentation efficiency of two products containing either apo-ester or tagets extracts in egg yolks and liquid eggs. *Archiv für Geflügelkunde* 64: 1–8.
41. Surai, P.F., Sparks, N.H.C. (2001): Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends in Foods Science & Technology* 12, 7-16.
42. USDA (2012): National nutrient database for standard reference. Food list. Release 24. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/list> Pristupljeno 3.9.2012.
43. Van het Hoff, K.H. (2000): Dietary Factors That Affect the Bioavailability of Carotenoids. *Journal of Nutrition* 130: 503–506.
44. Van Poppel, G. (1993): Carotenoids and cancer: an update with emphasis on human intervention studies. *European Journal of Cancer* 29A: 1335–1344.
45. Vila, B. (1999): Improvement of biologic and nutritional value of eggs. 2. Conference of Feed Manufacturers of the Mediterranean, Reus (Spain), 25-27 Mar 1998. CIHEAM-IAMZ, Zaragoza (Spain): 380-396.
46. Van Poppel, G., Goldbohm, R.A. (1995): Epidemiologic evidence for beta-carotene and cancer prevention. *American Journal of Clinical Nutrition* 62: 1393S–1402S.
47. Wu, L., Huang, X., Shi, K., Tan, R. (2009): Bioavailability comparison of free and esterified lutein for layer hens. *Brazilian Journal of Poultry Science* 11: 95-98.
48. Yeum, K.J., Russell, R.M. (2002): Carotenoid bioavailability and bioconversion. *Annual Review of Nutrition* 22: 483–504.

## SUMMARY

This paper describes lutein, its effect on human health, the content in mixtures for laying hens and the possibility of increasing its content in egg yolk. Lutein belongs to group of carotenoids and subgroup of xanthophylls. It differs from carotene in that it contains oxygen in the chain of carbon atoms. Positive effects of lutein on human health are well known (eyesight preservation and prevention of various forms of tumors). Because of its strong antioxidant effect lutein is very desirable in human diet. In poultry production, lutein has been primarily used as a natural pigment to ensure yellow color of egg yolk and broiler skin. Orange color of egg yolk is a result of the presence of other carotenoids. Many scientific articles indicate the possibilities of increase of lutein content in egg yolk. Negative consequences of large doses of lutein in poultry feed include negative effect on accumulation of desirable n-3 fatty acids and some vitamins in meat and eggs as well as poor conversion from feed into the yolk. Maximum recommended dose is 250 mg of lutein per kg of feed. Any higher dose doesn't have a significant effect on lutein content in egg yolk. Consumption of eggs with higher lutein content would have a positive effect on human health and production of these eggs would also ensure a higher profit for egg producers.

Key words: lutein, carotenoids, egg, yolk.