

# Dizajnirana jaja i njihova nutritivna vrijednost

---

Jelić, Stjepan

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:071569>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-09**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Stjepan Jelić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Zootehnika

**Dizajnirana jaja i njihova nutritivna svojstva**

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Stjepan Jelić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Zootehnika

**Dizajnirana jaja i njihova nutritivna svojstva**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Izv.prof.dr.sc. Zlata Kralik, mentor
2. Prof.dr.sc. Zoran Škrtić, član
3. Doc.dr.sc. Ivana Klarić, član

Osijek, 2017.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Završni rad

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Preddiplomski sveučilišni studij, smjer Zootehnika

Stjepan Jelić

### Dizajnirana jaja i njihova nutritivna vrijednost

**Sažetak:** Funkcionalna hrana je hrana koja uz osnovno djelovanje ima i dodatno djelovanje na zdravlje ljudi. Dizajnirana jaja mogu se svrstati u kategoriju funkcionalne hrane. Proizvodnja dizajniranog jajeta moguća je pomoću posebne tehnologije u proizvodnji jaja. Modificiranjem smjese za hranidbu nesilica dodatkom ulja bogatih s omega-3 masnim kiselinama, organskog selena, vitamina E, luteina ili nekog drugog nutrijenta ili nutricina. Dodavanjem biljnih ulja (laneno ili repičino) te ribljeg ulja utječe se na omjer omega-3 masnih kiselina i omega-6 masnih kiselina, taj omjer se u jajima smanjuje. Selen, lutein i vitamin E osim što obogaćuju proizvod imaju i antioksidativno djelovanje, te utječu pozitivno na održivost proizvoda. U prehrani ljudi poželjno je koristiti dizajnirano jaje, jer svakodnevnom konzumacijom može se povoljno djelovati na prevenciju od različitih kardiovaskularnih bolesti, bolesti oka, poboljšati imunitet, plodnost i slično. Iako je svijest ljudi o pozitivnom utjecaju funkcionalnih proizvoda pa i dizajniranih jaja danas puno bolja u odnosu na prije 15 godina, i dalje treba raditi na promidžbi ovih proizvoda jer kod djela kupaca i dalje postoje dvojbe prilikom kupovine i najčešće su vezane za istinitost zdravstvenih tvrdnji na proizvodu i cijenu.

Ključne riječi: nesilice, smjese, dizajnirano jaje, funkcionalni proizvodi.

27 stranica, 2 tablica, 7 grafikona i slika, 58 literaturnih referenci

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

BSc Thesis

Faculty of Agriculture in Osijek

Undergraduate university study Agriculture, course: Zootechnics

### Designed eggs and their nutritional properties

**Summary:** Functional food is food, which have bases effect and additional effect on human health. Designed eggs can be classified as functional food. Production of designed egg is possible by using the special technology in egg production. Modifying the mixture used for feeding the laying hens with the addition of oils rich in omega-3 fatty acids, organic selenium, vitamin E, lutein, or other nutrient or nutricines creates the prerequisite for the production of designed egg. Addition of vegetable oils (linseed or rapeseed) oil and fish oil influences the ratio of omega-3 fatty acids and omega-6 fatty acid which results in their ratio in eggs decreases. Selenium, lutein and vitamin E, besides enriching the product, also have antioxidant activity and have a positive impact on product sustainability. In the human nutrition it is desirable to use a designed eggs because daily consumption can be beneficial to the prevention of various cardiovascular diseases, eye diseases, improve immunity or fertility. Although people's awareness of the positive impact of functional products and designs egg is much better nowadays, it is still necessary to work on promotions of these products. The reason for that lies in the cost of these products and inadequate customer awareness of the positive impact on human health.

Keywords: hens, mixture, designed eggs, functional products

27 pages, 2 tables, 7 figures, 58 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. SUSTAVI PROIZVODNJE KOKOŠIJH JAJA.....	3
3. FORMIRANJE JAJA U PERADI.....	5
4. FUNKCIONALNA HRANA.....	7
4.1. NUTRIJENTI KOJIMA SE MOGU OBOGATITI KOKOŠIJA JAJA.....	9
4.1.1. Masene kiseline (omega-3 i omega-6).....	9
4.1.2. Selen.....	14
4.1.3. Vitamin E.....	16
4.1.4. Lutein.....	17
4.2. DIZAJNIRANA JAJA.....	18
5. VAŽNOST DIZAJNIRANIH JAJA U LJUDSKOJ PREHRANI.....	20
6. DIZAJNIRANA JAJA I TRŽIŠTE.....	21
7. ZAKLJUČAK.....	22
8. LITERATURA.....	23

## 1.UVOD

Peradarstvo kao stočarska grana ima važnu ulogu u opskrbi stanovništva peradarskim proizvodima, mesom i jajima. U Republici Hrvatskoj (RH) je 1992. godine je bilo oko 16,5 milijuna peradi. Nakon Domovinsko rata taj broj je pao na 10,9 milijuna (Kralik i sur., 2008.).

Državni zavoda za statistiku RH (2016.) navodi da je u 2015. ukupan broj peradi iznosio 9. 856.347 kljunova, od čega je 3.857.519 kokoši, 5.362.104 su tovni pilići, a ostatak su pure, guske, patke i ostala perad.

Potrošnja jaja u Republici Hrvatskoj je promjenjiva te se prema podacima Statističkog ljetopisa RH (2016.) u 2008. godini konzumiralo po članu kućanstava 144 jaja, dok je u 2014. godini taj broj iznosio 152 komada. U Europskoj uniji prosjek potrošnje jaja po stanovniku je daleko veći i iznosi 220 komada.

Jaje je proizvod asimetričnog i eliptičnog oblika, bogat bjelančevinama, mastima, mineralima i vitaminima. Jako je kvalitetna namirnica, lako dostupna i jeftina u mnogim državama. Osnovni dijelovi jajeta su: ljuska, bjelanjak, žumanjak.

U žumanjku jajeta se nalazi oko 48,7% vode, 32,6% masti, 16,6% bjelančevina, 1% ugljikohidrata i 1,1% mineralnih tvari. Bjelančevine žumanjka se sastoje od 9,6% livetina, 8,6% lipovitelina, 47,6% lipovitelena i 4,3% drugih bjelančevina. Masti žumanjka su: kolesterol, trigliceridi masnih kiselina: palmitinska, stearinska, oleinska, zatim slobodne masne kiseline i neki fosfati:lecitin, kefolin, sfingomijelin (Kralik i sur., 2008.).

Bjelanjak sadrži 12-15% suhe tvari i 85-88% vode, bjelančevine, ugljikohidrate, te masti u tragovima. Jednostavne bjelančevine koje se nalaze u bjelanjku su: ovoalbumin, konalbumin, ovoglobulin, a od složenih: glikoproteidi, ovomukoidi i ovomucin. Glukoza, manoza i galaktoza su ugljikohidrati koji se nalaze u bjelanjku.

Dizajnirano jaje predstavlja jaje dobiveno od nesilice čija je smjesa modificirana, te kao takvo odgovara definiciji funkcionalne hrane.

Hrana pod nazivom „funkcionalna hrana“ se prvi put se počinje koristiti u Japanu 1980-tih godina, a odnosio se na prehrambene proizvode obogaćene nutrijentima koji imaju korisna fiziološka djelovanje na zdravlje ljudi (Hardy, 2000.). U Europi i SAD-u

nema opće prihvaćene definicije što je to funkcionalna hrana, dizajnirani ili obogaćeni proizvod. Obogaćivanje jaja moguće je postići korištenjem u smjesama za nesilice različitih biljnih ulja ili ribljeg ulja, vitamina E, vitamina C, organskog selena, luteinom i nekih drugih nutrijenata i nutricina.

Cilj ovog rada je opisati mogućnosti obogaćivanja jaja sa omega-3 masnim kiselinama, selenom, luteinom i vitaminom E. Također se daje osvrt na zdravstvenu dobrobit ovih proizvoda na konzumente te njihovo mišljenje o dizajniranim proizvodima.

## 2. SUSTAVI PROIZVODNJE KONZUMNIH JAJA

Za proizvodnju konzumnih jaja koriste se visoko produktivni laki hibridi kokoši. Laki hibridi pronešu sa 4,5 mjeseca. Proizvodnja konzumnih jaja uglavnom se temelji na uzgoju u kavezima. Kod takvog uzgoja razlikujemo 3 osnovna sustava: flatdack, kalifornijski i baterijski sustav. Maksimum proizvodnje jaja od 95%, postignut je u dobi od 25.tjedana, odnosno krajem 2.mjeseca proizvodnje, nastoji se što duže održati visok postotak proizvodnje jaja. Da bi imali ekonomičnu proizvodnju i da bi iskoristili genetski potencijal, preporučuje se provođenje hranidbenog programa. Bjelančevine, masti, ugljikohidrati, mineralne tvari i vitamini se neophodne hranjive tvari koje moraju biti dostupne kokošima.

Optimalna temperatura za nesilice je 18-22°C, a temperatura iznad 26°C će utjecati na nesenje jaja, konzumaciju hrane, te dolazi do smanjenje kvalitete ljuske. Uz temperaturu, na uzgoj konzumnih jaja veliki utjecaj ima i relativna vlaga zraka, koja se treba kretati između 65-75%. Ukoliko je u peradarniku ustajao i vlažan zrak, moguća je pojava bolesti dišnog sustava, i mogući je toplotni udar za vrijeme ljetnih mjeseci.

Maksimalna dozvoljena količina štetnih plinova u zraku u peradarniku su amonijaka 0,01%, sumporovodika 0,001%, i ugljičnog dioksida 0,35%. (Kraliki sur., 2008.). Optimalne vrijednosti za izmjenu zraka su 3,6 m<sup>3</sup>/h/kg tjelesne mase, dok brzina strujanja zraka ne smije prijeći 0,3 m/s.

Još jedan od važnih čimbenika u proizvodnji konzumnih jaja je osvjetljenje, zato što svjetlost djeluje na hipofizu, a hipofiza upravlja oslobađanjem hormona koji su potrebni za proizvodnju jaja.

Masa jaja ovisi o pasmini, kvaliteti hrane u razdoblju nesivosti, te uvjetima u kojima se kokoš nalazi. Masa jaja se povećava sa dobi nesilice, na masu jaja mogu utjecati i vanjski čimbenici, kao što su ljetne visoke temperature, koje mogu dovesti do nesenja sitnijih jaja.

Bitna stavka u sastavljanju obroka je količina vitamina D, koji utječe na asimilaciju Ca i P. Deficit tih minerala dovodi do nesenja jaja s mekanom ljuskom. Razlikujemo dvije boje ljuske, a to su bijela i smeđa. Boja ljuske ovisi o količini ovoporfirina. Jaje na svojoj ljusci ima oko 8000 pora, ako peremo ili brišemo jaje, mikroorganizmi kroz te pore ulaze u unutrašnjost.



Drugi sustav uzgoja peradi se zasniva na ekstenzivnoj proizvodnji. Takav sustav se koristi na poljoprivrednim gospodarstvima, gdje vlasnici uzgajaju kokoši zbog vlastitih potreba. Kokoši se uglavnom drže na otvorenom, gdje su izloženi sunčevoj svjetlosti i svježem zraku. Kokoši koje se uzgajaju na takav način su otpornije na negativne vanjske utjecaje.



Slika 1. Kavezni (baterijski) sustav držanja kokoši nesilica

Izvor: <http://freerangechicken.co.za/wp-content/uploads/2011/02/battery-hens-in-a-chicke.jpg>



Slika 2. „Freerange“ sustav držanja kokoši nesilica za proizvodnju konzumnih jaja

Izvor: <https://tbnranch.files.wordpress.com/2011/11/real-free-range.jpg>

### 3. FORMIRANJE JAJA U PERADI

Formiranje jaje je složen proces. Oplodnja se vrši u dijelu jajovoda u kojem se nalaze spermatozoidi nakon kopulacije. Oplodnja se događa tako što mužjak preko kloake ženke ubacuju spermu u jajovod. Spermatozoidi se kreću relativno brzo, tako da u vremenu od jednog sata stignu u gornji dio jajovoda, gdje jedan spermatozoid oplođuje zametnu pločicu. Čim se zametna pločica oplodi, obavija se tankom opnom žumanjka koja sprečava ponovno oplođivanje. Spermatozoidi u jajovodu mogu živjeti 2-3 tjedna. Mužjak u jednom skoku može oploditi 10-20 jaja. Ukoliko se na farmi uzgaja jato za proizvodnju konzumnih jaja, u objektu se drže samo ženska grla, te nema oplodnje jaja. Za ptice je specifično to da se jaje formira u spolnim organima kokoši iako nema oplodnje. Ukoliko oplodnja jaja izostane, nemoguće je da se iz takvog jaja izvali jednodnevni pomladak.

Reproduktivni organi kokoši sastoje se od jajnika i jajovoda. Jajovod kokoši se sastoji od pet dijelova: *infudibulima*, *magnuma*, *isthmusa*, *uterusa* i *vagine*, koja prelazi u kloaku (Slika 3.). Kloaka je specifično mjesto u organizmu peradi jer je zajednički organ 3 sustava (probavnog, mokraćnog, spolnog).

*Infubibulum* je prvi dio jajovoda, predstavlja ljevkaasto proširenje dugačko 8-11 cm. U *infudibulum* dopijeva oslobođeno žumanjce poslije ovulacije i zadržava se oko 15 minuta. Ovaj dio služi za prihvat zrelog žumanjka i oplođivanje jajeta.

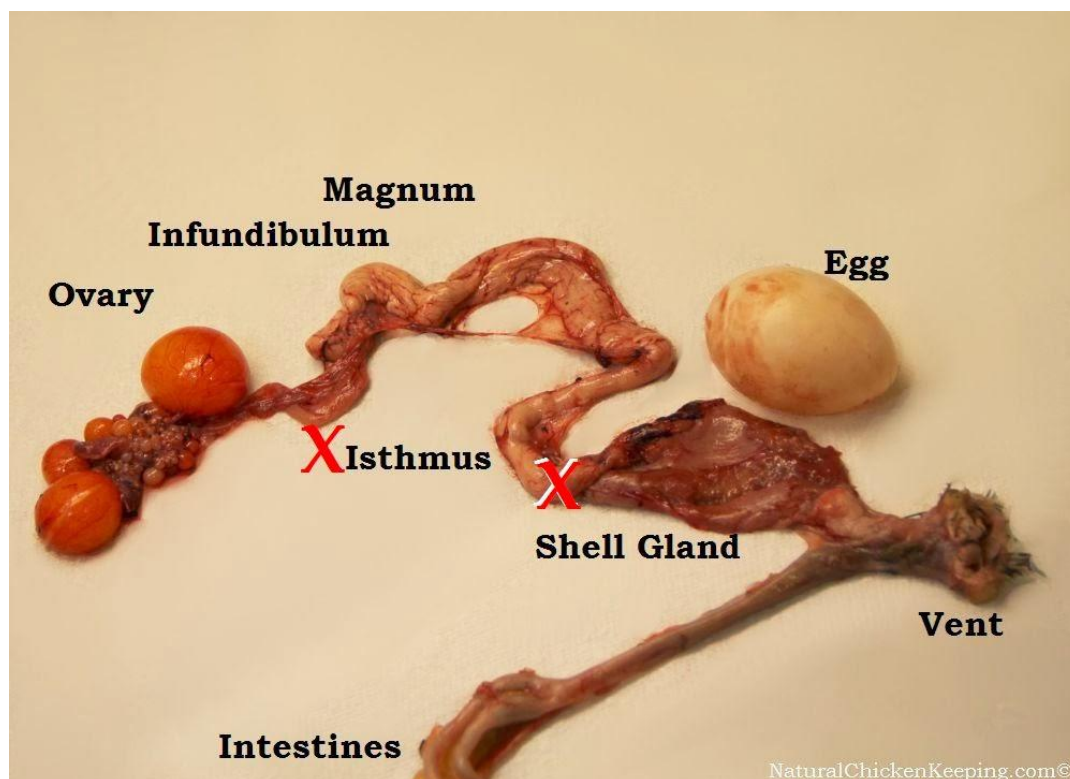
Iz *infudibuluma* zametna pločica putuje u *magnum*. U ovome dijelu žumanjak dobiva koncentrične slojeve gustog bjelanjka, kojeg izlučuju žlijezde jajovoda. Put kroz ovaj dio traje 3 sata.

Nakon toga žumanjak dolazi u *isthmus*, čija je dužina 10-11 cm. U *isthmus-u* se stvaraju dvije opne i to opna koja obavija bjelanjak i ljusku. Na zatupljenom kraju jajeta dvije opne zadržavaju malu količinu kisika, te se na taj način stvara zračna komora. Ovaj dio jajovoda izlučuje vodu i mineralne tvari oko gustog bjelanjka, koje osmotskim pritiskom prolaze kroz opne, što dovodi do stvaranja rijetkog bjelanjka. U ovome dijelu jaje se zadržava jedan sat.

Sljedeći dio jajovoda je uterus, dužine oko 10 cm, u njemu se jaje zadržava oko 20 sati. U ovome dijelu bjelanjak se nadopunjuje vodom i mineralnim tvarima. U ovome dijelu su vidljive halaze. Formiranje halaza jednim dijelom nastaje zbog promjene u koloidnoj strukturi bjelanjka koji se nalazi na bjelanjku, te dijelom kao rezultat kretanja

bjelanjak oko žumanjka u uterusu. U uterusu se događa i formiranje ljuske, koja se uglavnom sastoji od  $\text{CaCO}_3$ , koji se taloži u vidu zrnaca na membranu, a veći dio se taloži na ljuskinu opnu prije nego jaje dostigne punu količinu vode u bjelanjku. Stvaranje ljuske je jako sporo, i traje 3 sata. Prije nego što jaje napusti uterus, jaje lučenjem žlijezda dobiva prevlaku, kutikulu, koja se sastoji od mucina, i on zatvara pore na jajetu. Posljednji dio jajovoda je vagina, duga 5-7 cm preko koje jaje dopijeva u kloaku.

Formirano jaje u trenutku prije nesjenja se okreće horizontalno za  $180^\circ$ . Jaje se pokreće iz normalnog položaja, malo unazad i dolazi u međuprostor, koje obuhvaća sjedne i stidne kosti. Okretanje jajeta traje 1-2 minute. Pri izlasku jajeta, krajnji dio jajovoda se produži, a kloaka se sužava te uvjetuje da jaje izlazi čisto i direktno iz jajovoda nezaprjano.



Slika 3. Jajovod kokoši

Izvor:<http://1.bp.blogspot.com/ICQDWXWaXsM/Uuls5f8UMKI/AAAAAAAAAIKQ/9JZUd4XaiAI/s1600/Chicken+Reproductive+Organs+Isthmus.jpg>

## 4. FUNKCIONALNA HRANA

Pojam „funkcionalne hrane“ prvi puta se spominje u Japanu 80-ih godina. Do danas u Europskoj uniji (EU) nije dogovorena opća definicija funkcionalne hrane. Funkcionalnom hranom možemo smatrati onu hranu koja zbog sadržaja određenih nutrijeneta povoljno djeluje na ljudsko zdravlje. Međutim, funkcionalnom hranom možemo smatrati i namirnicom kojima je neki sastojak dodan, izuzet ili se povećava/smanjuje njegov sadržaj. Svaka promjena u namirnici ima cilj što bolje opskrbe ljudskog organizma sastojcima esencijalnim za pravilan rast i razvoj.

Postoji više definicija što je to funkcionalna hrana. Serafini i sur. (2012.) navode da funkcionalna hrana predstavlja sinergiju između zdravlja i prehrane. Diplock i sur. (1999.) smatraju da je funkcionalna ona hrana koja osigurava potrošačima poboljšanje jedne ili više ciljanih funkcija u organizmu. U radu Spence (2006.) u kome je nastojao prikazati koje sve informacije trebamo imati da bi neki prehrambeni proizvod mogli svrstati u funkcionalni, navodi da postoje četiri različite vrste funkcionalnih prehrambenih proizvoda:

- a) obogaćeni proizvodi (engl. Enhanced products) u kojima je povećan sadržaj postojećih hranjivih tvari,
- b) izmijenjeni ili preinačeni proizvodi (engl. Altered food) u koje su dodane hranjive tvari koje se uobičajeno ne nalaze u njima,
- c) poboljšani proizvodi (engl. Enhanced commodities) u kojima su postojeće hranjive tvari zamijenjene s drugim hranjivim tvarima bez utjecaja na kvalitetu proizvoda,
- d) fortificirani proizvodi (engl. Fortified products) koji su tijekom vegetacije obogaćeni s nekim nutrijentom kojim se mijenja nutritivni sastav.



Slika 4. Različiti obogaćeni prehrambeni proizvodi na tržištu RH

Izvor:[https://www.google.hr/search?q=omegol+ulje&rlz=1C1GGRV\\_enHR751HR751&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjAkevq\\_HUAhWKK5oKHWxEBqsQ\\_AUIBigB&biw=1920&bih=984#imgc=pu9Ca-6-fMx39M](https://www.google.hr/search?q=omegol+ulje&rlz=1C1GGRV_enHR751HR751&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjAkevq_HUAhWKK5oKHWxEBqsQ_AUIBigB&biw=1920&bih=984#imgc=pu9Ca-6-fMx39M):

## **4.1. NUTRIJENTI KOJIMA SE MOGU OBOGATITI KOKOŠJA JAJA**

Nutrijenti koji se koriste u proizvodnji dizajniranih jaja su masne kiseline (omega-3 i omega-6), lutein, selen i vitamin E. Zbog nepovoljnog omjera omega-3 i omega-6 masnih kiselina u jajetu, u smjesu za nesilice se dodaju ulja ili sjemenke koje snižavaju omjer omega-3 i omega-6 masnih kiselina. Lutein, selen i vitamin E, osim što djeluju povoljno na ljudski organizam, sprječavaju oksidaciju masnih kiselina, te tako osiguravaju dugotrajnost proizvoda. Detaljniju ulogu svakoga nutrijenta objasniti ćemo u nastavku.

### **4.1.1. Masne kiseline (omega-3 i omega-6)**

U kemiji odnosno biokemiji, pod pojmom „masna kiselina“ podrazumijeva se karboksilna kiselina s dugim nerazgranatim lancem. Masne kiseline su sastavni dijelovi molekula masti i ulja. Prema strukturi, molekule masti ili ulja mogu biti zasićene, mononezasićene i polizasićene.

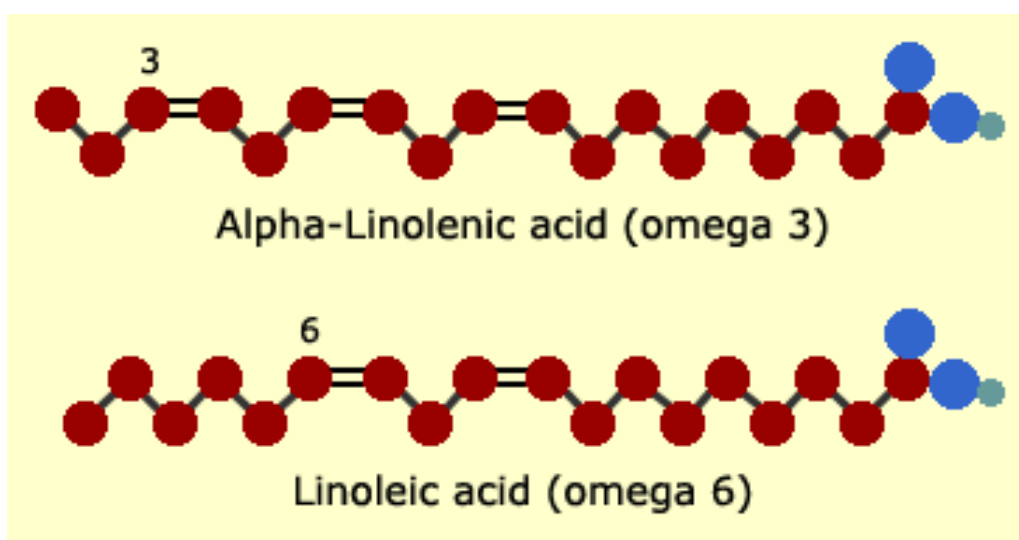
Zasićena masna kiselina je ona kiselina koja ima maksimalni mogući broj vodikovih atoma na svakom ugljikovom atomu naziva. Struktura zasićenih masnih kiselina je stabilna i manje podložna kemijskim reakcijama. Predstavnici ove skupine masnih kiselina su miristinska, palmitinska i stearinska kiselina. Zasićene masne kiseline uglavnom su prisutne u proizvodima animalnog podrijetla, poput mesa, mlijeka i jaja. Zasićene masne kiseline imaju tendenciju podizanja razine lipoproteina niže gustoće koje nazivamo LDL kolesterol u krvi. Povišena razina LDL kolesterola povezuje se s povećanim rizikom od srčanih bolesti.

Masna kiselina kojoj nedostaje jedan par vodikovih atoma u sredini molekule naziva se mononezasićena masna kiselina. Na mjestu gdje nedostaje par vodikovih atoma, susjedni ugljikovi atomi povezani su dvostrukom vezom. Najbolji predstavnik ove skupine masnih kiselina je oleinska kiselina. Mononezasićene masne kiseline većinom se nalaze u namirnicama biljnog podrijetla, kao što je maslinovo ulje. Ove masne kiseline imaju tendenciju snižavanja razine LDL kolesterola u krvi.

Kada masnoj kiselini nedostaje više od jednog para vodikovih atoma (postoji više dvostrukih veza u ugljikovom lancu), tada je riječ o tzv. polinezasićenoj masnoj kiselini. Zbog mogućnosti kidanja dvostrukih veza, nezasićene masne kiseline su nestabilne, a reaktivnost im raste s porastom broja dvostrukih veza. Namirnice koje su bogate polinezasićenim masnim kiselinama su ulja kukuruza, repice, lana te nekih vrsta riba

(losos, bakalar i plava riba). Polinezasićene masne kiseline snižavaju razine obje vrste kolesterola u krvi (LDL i HDL). Ove masne kiseline dijele se u dvije skupine, omega-3 i omega-6. Podjela ovisi o tome gdje se u ugljikovom lancu nalazi prva dvostruka veza, odnosno na kojoj poziciji nedostaju vodikovi atomi.

Linolna masna kiselina (LA) i arahidonska (AA) masna kiselina tipični su predstavnici omega-6 skupine, a  $\alpha$ -linolenska (LNA) masna kiselina, eikozapentantenska (EPA) i dokozaheksaenska (DHA) omega-3 skupine (Slika 5.).



Slika 5. Strukturna formula  $\alpha$ -linolenska i Linolne masne kiseline

Izvor: <http://www.supplementquality.com/images/illus/omega3/omega3and6.gif>

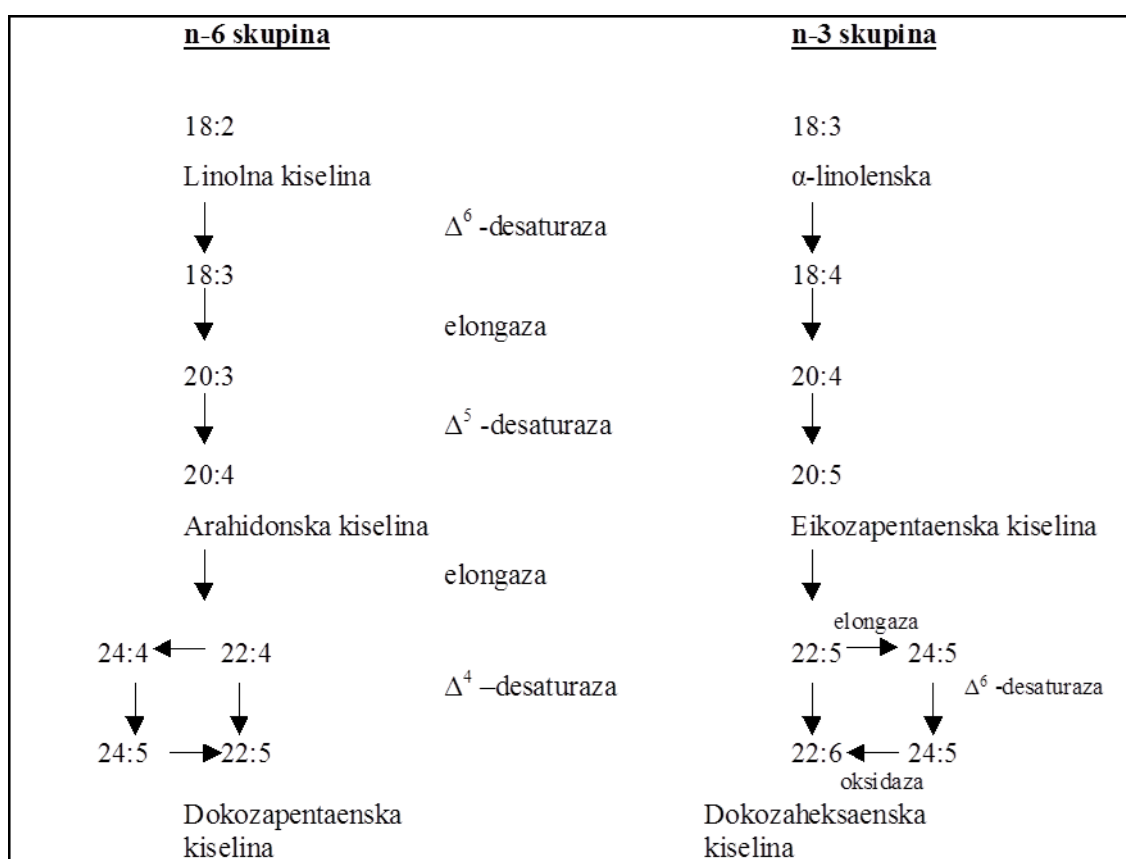
Izvor LNA masne kiseline za ljudsku prehranu su biljna ulja i sjemenke (lan, orasi, repica) kao i zeleno lisnato povrće. Najbolji izvor EPA i DHA masnih kiselina su riba i ulje morskih plodova.

Put sinteze PUFA na masne kiseline s 22 ugljikova atoma, moguće je kod biljnih stanica i to putem različitih desaturacija oleinske masne kiseline.

Delta-12 ( $\Delta^{12}$ ) desaturaza i  $\Delta^{15}$  desaturaza identificirani su u organizmu nižih eukariota (Sakuradani sur., 1999.), biljkama (Okuleyi sur., 1994) i životinjama (Spsychalla i sur., 1997.), ali nisu utvrđeni u organizmu sisavaca. Općenito, nakon sinteze zasićene masne kiseline s 18 ugljika u stanicama, stearinska masna kiselina se desaturira u oleinsku uz djelovanje stearoil-CoA (Nakamura sur., 2004.). Desaturacijom oleinske masne kiseline uz pomoć  $\Delta^{12}$  sintetizira se LA koja se dalje pretvara u LNA pomoću  $\Delta^{15}$  desaturaze

(Wang i sur., 2013.). Sisavci, uključujući ljude, ne mogu sintetizirati omega masne kiseline *de novo* i moraju ih unositi hranom. Stoga su LA i LNA poznati kao esencijalne masne kiseline za ljude (sisavce).

Važnost dizajniranih proizvoda koji su obogaćeni s omega-3 PUFA je ta što se u ljudskom organizmu LA i  $\alpha$ -LNA (prekursori s 18 ugljikovih atoma) mogu produžiti i desaturirati u AA i DHA. Procese elongacije (produženja) kataliziraju elongaza,  $\Delta^6$ - i  $\Delta^5$ -desaturaze. Ograničavajući čimbenik u metabolizmu LA kao n-6 PUFA i LNA kao n-3 PUFA je enzim  $\Delta^6$ -desaturaza.



Slika 6. Metabolizam linolne (C18:2n-6) i  $\alpha$ -linolenske (C18:3n3) masne kiseline  
Izvor: Calvani i Benatti, 2003.

Sari i sur.(2002.) navode da dodatak sjemenki lana u obroke nesilica u udjelima od 0%, 5%, 10% i 15% uzrokuje linearno povećanje sadržaja LNA u žumanjcima od (1,80%, 7,07%, 8,35%, 12,20%).



Ukoliko se u smjese za nesilice dodaje laneno ulje u udjelima od 1%, 2 % i 3 % u žumanjcima jaja bilježi se porast LNA i to sa 0,62 % u kontrolnoj grupi na 0,83 %, 0,93 % i 11% u pokusnim grupama. Također u jajima pokusnih skupina u odnosu na kontrolnu skupinu utvrđen je veći sadržaj EPA i DHA (Valavan i sur., 2006.)

U svom istraživanju Meluzzi i sur. (2000.) navode da se dodatkom 3 % ribljeg ulja u hranu za kokoši nesilice može značajno povećati ( $P < 0,01$ ) sadržaj EPA s 0,74 mg/jajetu (kontrolna skupina) na 19,53 mg/jajetu (pokusna skupina) i DHA s 43,66 mg/jajetu na 143,70 mg/jajetu (pokusna skupina). Također autori ističu smanjenje arahidonske masne kiseline i to s 67,72 mg/jajetu (kontrolna skupina) na 25,54 mg/jajetu u pokusnoj skupina s dodatkom ribljeg ulja u hranu.

Konzumna jaja sadržavaju visok udio omega-6 PUFA i nizak sadržaj omega-3 PUFA, što daje nepovoljan omjer n-6/n-3 masnih kiselina, zbog toga je potrebno u smjese za nesilice dodavati izvore omega-3 PUFA. U istraživanju usporedbe jaja porijeklom iz konvencionalnog uzgoja u odnosu na dizajnirana jaja (omega-3). Kralik i sur. (2015.) navode da su jaja iz konvencionalne proizvodnje imala statistički značajno veći udio SFA masnih kiselina u odnosu na dizajnirana jaja (35,34% odnosno 32,95%;  $P < 0,05$ ), dok su dizajnirana jaja imala statistički značajno veći udio ( $P < 0,05$ ) LNA (2,03 odnosno 0,89%), ETA ( $P = 0,02\%$  i  $K = 0,01\%$ ), EPA ( $P = 0,06\%$  i  $K = 0,01\%$ ), DHA ( $P = 1,22\%$  i  $K = 0,68\%$ ). Također autori ističu veći udio ukupnih omega-3 PUFA u žumanjcima dizajniranih jaja (3,43%) u odnosu na konvencionalna jaja (1,68%). Omjer ukupnih n-6/n3 bio je nepovoljniji kod konvencionalnih jaja (12,94) dok je kod dizajniranih iznosio 6,17 ( $P < 0,05$ ).

Prema istraživanju Gonzales-Equerrai Lesson (2000.) navode da 6 % ribljeg ulja u smjesi za nesilice dovodi do porasta sadržaja EPA i DHA, a sadržaj ukupnih n-3 PUFA raste do 246 mg.

Hargis i sur. (1991.) u istraživanju utjecaja dodatka u smjese za nesilice ribljeg ulja u odnosu na sadržaj masnih kiselina u žumanjcima jaja, ističu da je kod jaja nesilica koje su konzumirale smjesu s ribljim uljem utvrđeno 235 mg omega-3 PUFA, od čega su čak 89% bile EPA i DHA.

Uporaba ribljeg ulja u većem udjelu u hrani nesilica može uzrokovati neugodan miris i okus jaja, tako Scheideler i Froning (1996.) navode kao alternativu ribljem ulju

uporabu lanenog ulja ili sjemena u smjesama za kokoši nesilice. Također autori navode da dodatkom lanenog sjemena u hranu nesilica u udjelu od 10 do 15% može se povećati sadržaj omega-3 sa 4 do 7%.

Dodavanjem u smjese za nesilice 2% ribljeg i 4% repičinog ulja povećava se udio ukupni omega-3 PUFA s 0,38% u kontrolnoj na 3,20% u pokusnoj skupini. Udio ukupnih omega-6 PUFA smanjuje se s 23,80% na 17,14 %, čime se postiže povoljniji odnos n-6/n-3 masne kiseline u jajetu pokusne skupine u odnosu na kontrolnu (5,44 na 62,63; Škrtić i sur., 2007.)

Surai i sur. (2000.) u istraživanju utjecaja konzumacije dizajniranih jaja na zdravlje ljudi navode da volonteri koji su tijekom 8 tjedana konzumirali dnevno jedno dizajnirano jaje u odnosu na one koji su u prehrani koristili konvencionalna jaja, imali su u krvnoj plazmi veću koncentraciju vitamina E ( $P=0,0012$ ), luteina i omega-3 PUFA ( $P<0,001$ ). Nadalje autori ističu da su dizajnirana jaja u odnosu na konvencionalna imala za 26 puta veći sadržaj vitamina E, 16 puta veći sadržaj karotenoida, 8 puta veći sadržaj selena i 6 puta veći sadržaj DHA.

Dodavanjem veće količine lanenog i ribljeg ulja u smjese ima negativan utjecaj na masu jaja i masu žumanjka, debljinu ljuske i organoleptička svojstva jaja kao što su miris i okus ribe (Jiang i sur., 1992., Van Elswyk, 1997.). S obzirom da sadržaj ulja u hrani na nesilice može imati i negativan učinak na kvalitetu i senzornu kvalitetu jaja, udio ulja koji se dodaje ne bi trebao biti veći od 6%, a sjemena od 15%. Znanstveno je dokazano da se prilikom obogaćivanja jaja omega-3 PUFA može u hranu dodati neki antioksidans (selen, vitamin E, lutein i slično) kako bi se smanjila oksidacija tijekom čuvanja jaja.

#### **4.1.2.Selen**

Selen je esencijalni mikroelement. Sastavni je dio 25 selenoproteina u ljudskom organizmu (Kryukov i sur., 2003.). Također je sastavni dio antioksidativnih enzima glutationperoksidaze i tioreduksinreduktaze, te ima važnu ulogu u regulaciji raznih fizioloških funkcija organizma. Selen povoljno djeluje na imunološki sustav, prevenciju pojave upala, karcinoma, depresije, oksidativnog stresa i smanjenje rizika od kardiovaskularnih bolesti (Ferencik i Ebringe, 2003.). Kruh, žitarice riba, jaje i meso su namirnice bogate selenom. Tlo u Europi siromašno je selenom, te zbog toga biljke imaju nizak sadržaj selena što za posljedicu ima pojavu različitih bolesti kod biljaka, životinja i ljudi. Hrvatska spada u zemlje čije je tlo siromašno selenom. Jaja obogaćena selenom je moguće proizvesti posebnom tehnologijom.

Područje Koprivničko- križevačke županije je siromašno selenom u tlo, a kreće se od 145 do 333 $\mu$ g Se/kg tla, navode Popijač i Prpić-Majić (2002.). Također navode da je u Požeškoj dolini zabilježeno i manje selena u tlu, svega 20 do 48  $\mu$ g Se/kg tla.

Dodatkom selena u udjelu od 0,4 mg/kg hrane za nesilice u obliku seleniziranog kvasca dobiva se jaje koje sadrži oko 30  $\mu$ g selena, što čini oko 50 posto dnevnih potreba čovjeka. Gajčević i sur. (2009.) zaključili su da povećanjem razine selena u hrani proporcijalno raste i njegov sadržaj u žumanjku (sa 573 ng selena/g na 783 ng selene/g) odnosno bjelanjcima (sa 171 ng selena/g na 345 ng selena/ g jaja).

Payne i Southern (2005.) su zaključili da različiti izvori i koncentracija selena u hrani od 0; 0,15; 0,3; 0,6 i 3 ml/kg) utječe na odlaganje selena u jajima i da se koncentracija selena u hrani (sa 0,249 ppm selena/jaje u kontrolnoj grupi do 2,27 ppm selena/jaje u grupi sa 3 miligram/kg organskog selena). Surai i Sparks (2001.) su dokazali da konzumacijom dva selenom obogaćena jaja osigura se 55 do 65 $\mu$ g selena, što dogovara dnevnim potrebama ljudi. Wakebe (1998.) je u istraživanju dodavao organski selen u odjelu od 0,3 mg/kg, te utvrdio kako to djeluje na svježinu jajeta tijekom čuvanja. Kao pokazatelj svježine jaja koriste se Haugh-ove jedinice. Vrijednosti sedmog dana bile su znatno veće u pokusnoj grupi. Yaroshenko i sur. (2003.) navode da organski selen utječe na smanjenje lipidne peroksidacije u žumanjcima povećavajući aktivnost GSH-P<sub>x</sub>, čime pozitivno utječe na održavanje kvalitete jaja tijekom skladištenja.

Dodavanje organskog selene u hranu za nesilice ima povoljan utjecaj na rast proizvodnje jaja, masu jaja kao i masu ljuske, žumanjka i bjelanjka (Rutz i sur., 2003.). Također je moguće obogatiti jaje kombinacijom različitih mikroelemenata kao što su selen i vitamina E, čime se povećava sadržaj tih nutrijenata u jajima, ali i produžuje njihova održivost.

### 4.1.3. Vitamin E

Vitamin E je zajedničko ime za grupu spojeva topivih u mastima sa izraženom antioksidativnom aktivnošću (Kraliki sur.,2012.). 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., Kralik i sur., 2012.)

Izvori vitamina E su orašasti plodovi, sjemenke i biljna ulja i zeleno lisnato povrće. Antioksidativno djelovanje vitamina E se zasniva na zaustavljanju stvaranja reakcijskih spojeva kisika (ROS), koji nastaje prilikom oksidacije masti (National Institute of Health, 2009.). Higdon (2004.) navodi da vitamin E ima ulogu u zaštiti masti u lipoproteinima niske gustoće (LDL) od oksidacije, te smanjuje rizik od kardiovaskularnih bolesti.

Jiang i sur. (1994.) su došli do zaključka da sadržaj vitamina E linearno raste s povećanjem vitamina E u hrani za nesilice. Meluzzi i sur.(2000.) su primijetili porast sadržaja  $\alpha$ -tokoferola u žumanjcima sa 90,93 $\mu$ g/ g žumanjka u kontrolnoj grupi, na 313,84  $\mu$ g/g žumanjka u grupi koja je u hranu dobivala 200 mg/kg  $\mu$ -tokoferilacetata. Kralik G. i sur., (2012.). navode da se dodavanjem vitamina E u hranu za nesilice može proizvesti dizajnirano jaje s povećanim sadržajem  $\alpha$ -tokoferola u žumanjku.

Preporučeni dnevni unos vitamina E za muškarce i žene iznosi 15 mg (Food and Nutrition Board, 2000.). Dodavanjem vitamina E u udjelu od 200 mg/kg hrane, dobivamo dizajnirano jaje koje sadrži 4,7 mg vitamina E. Konzumacijom dva takva jajeta podmirujemo 63% dnevnih potreba (Grčević i sur., 2011.; Meluzzi i sur., 2000.). Ukoliko u hranu koja sadrži 5% suncokretova ulja dodamo 200 mg  $\alpha$ -tokoferila dobit ćemo jaje koje sadrži 145  $\mu$ g  $\alpha$ -tokoferola/g jajeta, što odgovara 8,7 mg/jajetu.

Galobart i sur.(2001.a) u zaključku svog rada ističu da  $\alpha$ -tokoferil acetat u udjelu od 200 mg/kg hrane povećava oksidativnu stabilnost lipida svježih i sušenih jaja. Shahryar i sur. (2010.) u svom istraživanju navode da se dodavanjem vitamina E u hranu za nesilice u količini od 60 ili 120 mg/kg hrane, utječe na smanjenje vrijednosti TBARS (thiobarbituric acid reactive substance) žumanjka jaja tijekom skladištenja na +4°C. Autori ističu da iako su vrijednosti MDA (malodialdehid) bile u porastu, one su ipak bile manje kod jaja skupina koje su konzumirale smjese s dodatkom vitamina E u odnosu na kontrolnu skupinu. Galobart i sur., (2001.b) su potvrdili povoljan utjecaj vitamina E na smanjenje oksidativnih proces, kod jaja obogaćenih omega-3 PUFA.

#### **4.1.4. Lutein**

Lutein se svrstava u skupinu karotenoida, žuti je pigment (ksantofil). Izvor luteina su špinat, kelj, brokula, još ga nalazimo u voću, animalni mastima i žumanjku jajeta. Lutein i zeaksanton daju boju žumanjku. Ljudi nemaju sposobnost sintetizirati lutein nego se mora unijeti isključivo hranom (Granada i sur., 2003.)

Goodrow i sur. (2006.) su istraživali koncentraciju luteina i zeaksantonina u serumu starijih ljudi, tijekom konzumiranja jednog konzumnog jajeta tijekom pet tjedana. Istraživanjem se utvrdila povećana koncentracija luteina i zeaksantonina u serumu za 26%, odnosno 38% sa time da se nije povećala koncentracija ukupnog LDL i HDL kolesterola triglicerida. Provedeno je istraživanje na zdravim muškarcima te su oni konzumirali jaje dobiveno od nesilice čiji je obrok sadržavao 6 mg luteina. Rezultati su pokazali da se konzumacijom jaja obogaćenih luteinom postiže učinkovitije povećanje koncentracije luteina u serumu. Lutein se u žumanjku nalazi u probavnom lipidnom matriksu. U istraživanju Leeson i Caston (2004.) dokazali su da dodatkom luteina u koncentraciji od 375 ppm u hrani na bazi kukuruz i soje, sadržaj luteina raste od 0,3 mg/60g jajeta do 1,5mg/60g jajeta. Dodatkom 500 ppm luteina u hranu na bazi kukuruznog gluteina i lucerne se povećava sadržaj luteina na 2,2mg/60g jajeta.

Svi rezultati istraživanja su pokazali da jaje obogaćeno luteinom ima dobar utjecaj u ljudskoj prehrani. Lutein utječe na pojavu pigmenta žute boje pjege, tako smanjuje opasnost od sljepoće u kasnijoj dobi. Za očuvanje zdravlja očiju optimalna vrijednost iznosi 6-8 mg luteina dnevno. Lutein poboljšava oksidativnu stabilnost jajeta i poboljšava okus.

## 4.2. DIZAJNIRANA JAJA

Jaja su kokošja jaja u ljusci dobivena od kokoši nesilica, a namijenjena su prehrani ljudi ili upotrebi u prehrambenoj industriji (Pravilnik o kakvoći jaja NN 115/06). Osnovni dijelovi jajeta su bjelanjak, žumanjak i ljuska.

Dizajnirano jaje ili obogaćeno jaje se dobiva od nesilica koje konzumiraju smjesu izmijenjenog sastava. Modifikacija se vrši zbog toga da dobijemo jaje što veće nutritivne vrijednosti. Vitaminom E, selenom, luteinom i omega-3 masnim kiselinama se vrši modifikacija. Zbog nepovoljnog omjera omega-3 masnih kiselina i omega-6 masnih kiselina jaje sadrži dosta kolesterola.

Surai i sur. (2000.) u svom radu o učinkovitosti konzumacije dizajniranih jaja na zdravlje ljudi prikazali su sastav hranjivih tvari konvencionalnih i dizajniranih jaja (Tablica 1). U istraživanju su koristili dizajnirana jaja u kojima su korištenjem posebno pripremljene smjese povećali su sadržaj selena, luteina, vitamina E i DHA (koristili su ulje tune). Korištenjem ove smjese u hranidbi nesilica analizom jaja dobiveno je da se u dizajnirano jaje inkorporiralo 19 mg vitamina E, 209 mg DHA, 32 mg selena i 1,9 mg luteina.

Tablica 1. Sastav hranjivih tvari u konvencionalnim i dizajniranim jajima

Iznos po jajetu	Konvencionalna jaja	Dizajnirana jaja
<b>DHA, mg</b>	32,41±1,11	208,61±8,44 <sup>***</sup>
<b>Vitamin A, mg</b>	0,11±0,01	0,12±0,01
<b>α-tokoferol, mg</b>	0,72±0,06	19,33±1,02 <sup>***</sup>
<b>γ-tokoferol, mg</b>	0,09±0,01	0,08±0,01
<b>Lutein, mg</b>	0,12±0,01	1,91±0,14 <sup>***</sup>
<b>Selen, μg</b>	4,22±0,48	32,44±3,16 <sup>***</sup>

<sup>\*\*\*</sup>Značajnost na razini P<0,001; Izvor: Surai i sur.(2000.)



Slika 7. Dizajnirana jaja na tržištu Republike Hrvatske

Izvor: Z. Kralik (2017.)

Modificiranjem se popravlja odnos omega-3 masnih kiselina i omega-6 masnih kiselina. Dodavanjem biljnih i životinjskih ulja u hranu za nesilice postiže se bolji omjer omega-3 masnih kiselina i omega-6 masnih kiselina. Selen, lutein i vitamin E djeluje kao antioksidanti, odnosno svojim sadržajem u jajima produžuju njegovi svježinu.



## 5. VAŽNOST DIZAJNIRANIH JAJA U LJUDSKOJ PREHRANI

Jaje je gotovo svakodnevna namirnica u ljudskoj prehrani. Odličan je izvor nutrijenata koji opskrbljuju ljudski organizam. Jaje je namirnica koja je dostupna cijenom i zbog toga se konzumira u tako velikim količinama. Dizajnirano jaje sve više dobiva na važnost zbog toga što ima povoljan omjer omega-3 masnih kiselina i omega-6 masnih kiselina. Dizajnirano jaje ima višestruke učinke na ljudski organizam.

Kako bi se zadovoljile potrebe organizma za tim masnim kiselinama potrebno je koristiti izvor EPA i DHA (riba i riblja ulja). Te masne kiseline imaju važnu ulogu u ljudskom organizmu: smanjuju razinu triglicerida u plazmi, povećavaju vrijeme agregacije trombocita, smanjuju učestalost ateroskleroze, upalnih procesa i tumora, smanjuje viskoznost krvi i krvni tlak (Mishra, 1993.), povoljno djeluje na probavu, poboljšava rad imunog sustava i smanjuje pojavu alergijskih bolesti (Vass i sur., 2008.). Istraživanjima se utvrdio pozitivan utjecaj EPA i DHA tijekom trudnoća. Smatra se da unošenjem tih dvaju masnih kiselina smanjuje proizvodnju prostaglandina  $E_2$  i  $F_2 \alpha$  i tako smanjuje upalu maternice (Roman i sur., 2006.).

Posljednjih godina konzumacija hrane bogate omega-3 masnim kiselinama postigla je veliku popularnost u stočarskoj proizvodnji, radi obogaćivanja namirnica u ljudskoj prehrani. Animalni proizvodi bogati omega-3 masnim kiselinama, osobito DHA koja je prisutna u fosfolipidnim membranama živčanih stanica, uključena je u pravilan rad živčanog sustava, te sprječava razvoj Alzheimerove bolesti (Gu i sur., 2010).

## 6. DIZAJNIRANA JAJA I TRŽIŠTE

Funkcionalna hrana pa tako i dizajnirana jaja se sve više počinju koristiti u prehrani ljudi. Međutim, tržište je zahtjevno, i treba ispuniti očekivanja kupaca. Očekivanja kupaca su velika od izgleda, hranjive vrijednosti, okusa do pristupačnosti cijenom. Sve više se radi na marketingu dizajniranih jaja, zbog toga što većina ljudi nije upoznata sa povoljnim utjecajima dizajniranih jaja. Ljudi koji su upoznati sa funkcionalnom hranom kupiti će taj proizvod prije nego netko tko nije upoznat s tim pojmom. Dizajnirana jaja i sva funkcionalna hrana ima veću cijenu od komercijalnih proizvoda, to je jedan od razloga zašto ljudi još uvijek ne konzumiraju dizajnirana jaja i prije posežu za komercijalnim proizvodom. Radom na marketingu i uvođenjem nekih novih tehnologija, koje bi pojeftinile proizvodnju dizajniranih jaja, dovele bi do veće konzumacije dizajniranih jaja.

Labrecque i sur. (2006.) u svojem radu ističu da gotovo 70% francuskih studenata nije upoznato sa pojmom funkcionalne hrane. Podatci iz Amerike su puno bolji, gdje je 82% studenata bilo upoznato sa funkcionalnom hranom. Frewer i sur. (2003.) navode da 80% ispitanika stanovnika zapadne Europe smatra da već konzumiraju funkcionalnu hranu.

Tablica 2. Prodaja obogaćenih jaja diljem Svijeta

Država	Nutrijent	Tržišni naziv jaja
Hrvatska	Omega-3 masne kiseline	Omega jaja
Grčka	Omega-3 masne kiseline	Vi omega-3
Mađarska	Omega-3 masne kiseline	Omega Pluss
Kanada	Obogaćena s DHA	Columbus
Malazija	Jaja obogaćena omega-3	LTK omega plus
Amerika	Obogaćena s omega-3 i vitaminom E	Eggs Plus
Japan	Jaja obogaćena jodom	Columbus
Singapur	Jaja obogaćena selenom	Organicseleniumeggs
Malazija	Jaja obogaćena selenom	Selenium Plus
Turska	Jaja obogaćena selenom	Selenyumeggs
Meksiko	Jaja obogaćena selenom	Mreggs

Izvor: Lyons i sur., (2007) i Kralik i sur. (2016.)

## 7. ZAKLJUČAK

Dizajnirana jaja je noviji pojam, s kojim se većina ljudi nije susretala. Predstavlja jaje dobiveno od nesilica čija je smjesa modificirana. Modifikacija se vrši pomoću omega-3 masnih kiselina, luteina, selen i vitamina E. Dodavanjem omega-3 masnih kiselina popravljaju se omjer omega-3 masnih i omega-6 masnih kiselina. Lutein, selen i vitamin E djeluju kao antioksidativna sredstva. Dizajnirana jaja imaju povoljan utjecaj na zdravlje ljudi. Sprječavaju razvoj tumora, snižavaju krvni tlak, smanjuju viskoznost krvi, izrazito dobro djeluju na kardiovaskularni sustav i sprječavaju razvoj kardiovaskularnih bolesti, te dobro djeluje na rad mozga. Dizajnirana jaja još uvijek nisu našla široku primjenu među ljudima, prvenstveno radi slabe informiranosti o korisnosti ovih proizvoda. Također proizvodnja i prodaja ovih jaja nije našla široku primjenu radi nešto veće cijene u odnosu na jaja iz konvencionalnog sustava proizvodnje. U budućnosti pretpostavljamo kako će se dobrom promocijom proizvoda (dobrim marketingom) i edukacijom ljudi povećati kupovina i konzumacija dizajniranih jaja.

## 8. LITERATURA

1. Brigelius-Flohe, R., Traber, M.G. (1999.): Vitamin E: function and metabolism. *FASEB J.* 13: 1145-1155.
2. Calvani M., Benatti P. (2003.): Polyunsaturated fatty acids. Sigma-tau S.p.A – Scientific Department. Retrieved March, 24, 2015 from [http://www.ibrarian.net/navon/paper/Polyunsaturated\\_Fatty\\_Acids.pdf?paperid=2446592](http://www.ibrarian.net/navon/paper/Polyunsaturated_Fatty_Acids.pdf?paperid=2446592)
3. Dipplock, A.T., Agget, P.J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E.B., Roberfroid, M.B. (1999): Scientific concepts of functional food in Europe: Consensus Document *British Journal of Nutrition.* 81: 1–27.
4. Ferencik, M, L. Ebringer (2003.): Modulatory effects of selenium and zinc on the immune system. *Folia Microbiologica.* 48: 417-426.
5. 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/skimchap.cgi?recid=9810&chap=186-283> (pristupljeno 3.7.2017)
6. Frewer, L., Scholderer, J., Lambert, N. (2003): Consumer acceptance of Functional Foods: issues for the future. *British Food Journal.* 10: 714-730.
7. Gajčević Z., Kralik G., Has-Schon E., Pavić, V. (2009.): Effects of organic selenium supplemented to layer diet on table egg freshness and selenium content. *Italian Journal of Animal Science,* 8(2):189-199.
8. Galobrat, J., Barroeta, A.C., Baucells, M.D., Codny, R., Ternes, W. (2001.b): Effects of dietary supplementation with rosemary extract and alpha-tocopheryl acetate on lipid oxidation in eggs enriched with omega-3 fatty acids. *Poultry Science.* 80: 460-467.
9. Galobrat, J., Barroeta, A.C., Baucells, M.D., Guardiola, F. (2001.a): 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.
10. Gonzales-Esquerra R, Leeson S. (2000.): Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poultry Science* 79:1597–1602.

11. Goodrow, E.F., Wilson, T.A., Crocker Houde, S., Vishwanathan, R., Scollini, P.A., Handelman, G., Nicolosi, R.J. (2006.): Consumption of One Egg Per Day Increases Serum Lutein and Zeaxanthin Concentrations in Older Adults without Alternating Serum Lipid and Lipoprotein Cholesterol Concentrations. *J. Nutr.* 136: 2519-2524.
12. Granada, F., Olmedilla, B., Blanco, I. (2003.): Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. Review article. *British Journal Nutrition.* 90: 487-502.
13. Grčević, M., Gajčević-Kralik, Z., Kralik, G., Ivanković, S. (2011.): Kokošje jaje kao funkcionalna namirnica. *Krmiva*, 53(2): 93-100.
14. Gu, Y., Nieves, J.W., Stern, Y., Luchsinger, J.A., Scarmeas, N. (2010.): Food combination and Alzheimer disease risk: a protective diet. *Archives of neurology.* 67(6): 699-706.
15. Hardy, G. (2000): Nutraceuticals and functional foods: Introduction and meaning, *Nutrition.* 16(7-8): 688-689.
16. Hargis, P.S., Van Elswyk, M.E., Hargis, B.M. (1991.): Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poultry Science.* 70: 874-883.
17. Hidgon, J. (2004): „Vitamin E“. Micronutrient Information Center, Linus Pauling Institute, [http://lpi.oregon-state.edu/infocenter/vitamins/vitamin E](http://lpi.oregon-state.edu/infocenter/vitamins/vitamin_E) (pristupljeno 3.7.2017.)
18. <http://1.bp.blogspot.com/ICQDXXWaXsM/Uuls5f8UMKI/AAAAAAAAAIKQ/9JZUd4XaiAI/s1600/Chicken+Reproductive+Organs+Isthmus.jpg> (pristupljeno 30.6.2017.)
19. <http://freerangechicken.co.za/wp-content/uploads/2011/02/battery-hens-in-a-chicke.jpg> (pristupljeno: 28.6.2017.)
20. <http://www.public.iastate.edu/~duahn/publication/pdf%20files/11-PS%2071-378.pdf> (pristupljeno 10.7. 2017.)
21. <http://www.supplementquality.com/images/illus/omega3/omega3and6.gif> (pristupljeno: 3.7.2017.)
22. <https://tbnranch.files.wordpress.com/2011/11/real-free-range.jpg> (pristupljeno: 28.6.2017.)
23. [https://www.google.hr/search?q=omegol+ulje&rlz=1C1GGRV\\_enHR751HR751&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjAkevq\\_HUAhWKK5oKHWxEBqsQ\\_AUIBigB&biw=1920&bih=984#imgrc=pu9Ca-6-fMx39M](https://www.google.hr/search?q=omegol+ulje&rlz=1C1GGRV_enHR751HR751&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjAkevq_HUAhWKK5oKHWxEBqsQ_AUIBigB&biw=1920&bih=984#imgrc=pu9Ca-6-fMx39M): (pristupljeno: 3.7.2017.)

24. Jiang, Y.H., R.B. McGeachin, C.A. Bailey (1994.): alpha-tocopherol, beta-carotene, and retinol enrichment of chicken eggs. *Poultry Science*. 73(7): 1137-1143.
25. Jiang, Z., Ahn, D.U., Lander, L., Sim, J.S. (1992.): Influence of full flax and sunflower seeds on internal and sensory quality of yolk. *Poultry Science*. 71: 378-382.
26. Kralik, G., Has-Schön, D., Šperanda, M (2008.). *Peradarstvo biološki i tehnički principi*. Sveučilišni udžbenik; Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
27. Kralik, G., Kralik, Z., Grčević, M., Kralik, I., Hanžek, D. (2015.): Fatty acid profiles in yolk lipids of conventional and Omega-3 eggs. *International Symposium on Animal Science, 9-11 September 2015, Novi Sad. Proceedings and Abstract book* (ur. Prof. Snežana Trivunović, ISBN 978-86-7520-346-9) p. 315-320.
28. Kralik, G., Kralik, Z., Grčević, M., Škrtić, Z. (2012.): Obogaćivanje peradarskih proizvoda funkcionalnim sastojcima. *Poljoprivreda*, 18(1): 52-59.
29. Kralik, I, Kralik, Z., Grčević, M. (2016.): O čemu ovisi kupovina funkcionalnih prehrambenih proizvoda? *Krmiva*, 57 (1): 29-36.
30. Kryukov, G.V., Castellano, S., Novoselov, S.V., Lobanov, A.V., Zehtab, O., Guigo, R., Gladyshev, V.N. (2003): Characterization of mammalian selenoproteomes. *Science*. 300(5624): 1439-1443.
31. Labrecque, J.A., Doyon, M., Bellavance, F., Kolodinsky, J. (2006.): Acceptance of Functional Foods: A Comparison of French, American, and French Canadian Consumers. *Canadian Journal of Agricultural Economics*. 54: 647–661.
32. Leeson, S., Caston, L. (2004.): Enrichment of Eggs with Lutein. *Poultry Science*. 86: 1709-1712.
33. Lyons, M.P., Papazyan, T.T., Surai, P.F. (2007.): Selenium in Food Chain and Animal Nutrition: Lessons from Nature. *Asian-Aust. J. Animal.Sci.* 20(7): 1135-1155.
34. Meluzzi, A., Sirri, F., Manfreda, G., Tallarico, N., Franchini, A. (2000.): Effects of dietary vitamin E on the quality of table eggs enriched with n-3 long-chain fatty acids. *Poultry Science*. 79:539-545.
35. Mishra, V.K., Temelli, F., Oraikul, B. (1993.): Extraction and purification of  $\omega$ -3 fatty acids with an emphasis on supercritical fluid extraction—A review. *Food Research International*, 26 (3): 217-226.

36. Nakamura, M.T., Nara T.Y. (2004.): Structure, function, and dietary regulation of  $\Delta 6$ ,  $\Delta 5$ , and  $\Delta 9$  desaturases. *Annu. Rev. Nutr.* 24:345–376.
37. National Institute of Health (5/4/2009): „Vitamin E Fact Sheet“ <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminE> (pristupljeno 3.7.1017)
38. Okuley, J., Lightner J., Feldmann K., Yadav N., Lark E., Browse J. (1994.): Arabidopsis FAD2 gene encodes the enzyme that is essential for polyunsaturated lipid synthesis. *Plant Cell.* 6:147–158.
39. Payne, R.L., Southern, L.L. (2005.): Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. *Poultry Science.* 84: 898-902.
40. 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.
41. Pravilnik o kakvoći jaja N.N. 115/06
42. Rutz, F., E:A: Pan, G.B. Xavier, M.A. Anciuti (2003.): Meeting selenium demands of modern poultry: response to Sel-Plex organic selenium in broiler and breeder diets. In: *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Proceedings of 19th Alltech's Annual Symposium*, Edited by Lyons, T.P. and Jacques, K.A., Nottingham University Press, Nottingham, UK.
43. Sakuradani, E., Kobayashi M., Ashikari T., Shimizu S. (1999.): Identification of  $\Delta 12$ -fatty acid desaturase from arachidonic acid-producing *Mortierella* fungus by heterologous expression in the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and the fungus *Aspergillus oryzae*. *Eur. J. Biochem.* 261:812–820.
44. Sari, M., Aksit, M., Özdoğan M., Basmacıoğlu, H. (2002.): Effects of addition of flaxseed to diets of laying hens on some production characteristics, levels of yolk and serum cholesterol, and fatty acid composition of yolk. *Arch. Geflügelk.* 66 (2): 75 – 79.
45. Scheideler, S.E., Froning, G.W. (1996.): The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form, and storage conditions on egg production and composition among vitamin E-supplemented hens. *Poult. Sci.* 75(10):1221-1226.
46. Serafini, M., Stanzione, A., Foddai, S. (2012.): Functional foods: traditional use and European legislation, *International Journal Of Food Sciences And Nutrition*, 63 (1): 7-9.
47. Shahryar, H.A., R. Salamatdoust, S. Chekani-Azar, F. Ahadi, T. Vahdatpoor (2010): Lipid oxidation in fresh and stored eggs enriching with dietary omega-3

- and omega-6 polyunsaturated fatty acids and vitamin E and A dosages. *African Journal of Biotechnology* Vol.
48. Spence, J. T. (2006.): Challenges related to the composition of functional foods, *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 4-6.
  49. Spsychalla, J.P., Kinney, A.J., Browse, J. (1997.): Identification of an animal  $\omega$ -3 fatty acid desaturase by heterologous expression in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 94:1142–1147.
  50. Surai, P.F., MacPherson, A., Speake, B.K., Sparks, N.H.C. (2000.): Designer egg evaluation in a controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*. 54:298-305.
  51. Surai, P.F., Sparks, N.H.C. (2001.): Designer eggs: from improvements of egg composition to functional food, *Trends in Food Science & Technology*.
  52. Škrtić, Z., Kralik, G., Gajčević, Z., Bogut, I. Hanžek, D. (2007.): The increase of the n-3 PUFA content in eggs. *Poljoprivreda/Agriculture/* 13, 47-52.
  53. Valavan, S.E., Selvaraj, P., Mohan, B., Sundaram, T.K., Viswanathan, K., Ravi, R., Purushothaman, M.R. (2006.): Effects of various n-3 lipid sources on the quality characteristics and fatty acids composition of chicken meat. *World's Poult. Sci.* 62: 240.
  54. Van Elswyk, M.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*, 78(1): S61-S69.
  55. Vass, N., Czegledi, L., Javor, (2008.): Significance of functional foods of animal origin in human health. *Lucrări științifice Zootehnie și Biotehnologii, Timișoara*, 41(2), 263-268.
  56. Wakebe, M. (1998.): Organic selenium and egg freshness. Patent # 10-23864. Feed for meat chickens and feed for laying hens. Japanese Patent Office, Application Heisei 8-179629.
  57. Wang, M., Chen, H., Gu, Z., Zhang, H., Chen, W., Chen, Y.Q. (2013.):  $\omega$ 3 fatty acid desaturases from microorganisms: Structure, function, evolution, and biotechnological use. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 97:10255–10262.
  58. Yaroshenko, F.A., Dvorska, J.E., Surai, P.F., Sparks, N.H.C. (2003.): Selenium/vitamin E enriched eggs: nutritional quality and stability during storage. CD-Rom Poster presented 19<sup>th</sup> Annual Symp. on Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, Lexington, KY, USA.