

Dizajnirana jaja: od poboljšanog nutritivnog statusa do funkcionalne hrane

Prežigalo, Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:726130>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Nutricionizam

Martina Prežigalo

7087/N

**DIZAJNIRANA JAJA: OD POBOLJŠANOG NUTRITIVNOG
STATUSA DO FUNKCIONALNE HRANE**

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Znanost i tehnologija peradi i jaja

Mentor: Doc.dr.sc. *Nives Marušić Radovčić*

Zagreb, 2019.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam

Zavod za Prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za tehnologiju mesa i ribe

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam

Dizajnirana jaja: od poboljšanog nutritivnog statusa do funkcionalne hrane

Martina Prežigalo, 0058206882

Sažetak: Funkcionalna hrana je hrana čijom se konzumacijom ostvaruje povoljan učinak na ljudsko zdravlje. Dizajnirana jaja mogu se svrstati u kategoriju funkcionalne hrane, a njihova je proizvodnja omogućena modificiranjem ili dizajniranjem smjese nesilica pri čemu se na neke nutrijente može utjecati u većoj mjeri. Hranidba kokoši nesilica bogata omega-3 masnim kiselinama rezultira povećanjem sadržaja omega-3 masnih kiselina u jajetu, poboljšava se omjer ω -3: ω -6. Kokoši lako apsorbiraju i prenose omega-3 masne kiseline iz hrane te se one akumuliraju u žumanjku, pri čemu se najefikasnijim pokazalo dodavanje ribljeg ulja u prehranu. Selen, vitamin E i lutein sprječavaju oksidaciju masnih kiselina te osiguravaju stabilniji i dugotrajniji proizvod, a istovremeno se ostvaruje povoljan utjecaj na zdravlje. Za razliku od konvencionalnih jaja, dizajnirana nam jaja omogućuju veći unos nutrijenata koji pozitivno djeluju na ljudsko zdravlje i pomažu u prevenciji određenih bolesti.

Ključne riječi: dizajnirana jaja, funkcionalni proizvod, omega-3, zdravlje

Rad sadrži: 24 stranice, 1 slika, 8 tablica, 42 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: Doc.dr.sc. Nives Marušić Radovčić

Datum obrane: 18. rujna 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Nutrition

Department of Food Technology Engineering
Laboratory for Meat and Fish Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Nutrition

Designed eggs: from the improved nutrition status to functional food

Martina Prežigalo, 0058206882

Abstract: Functional food is food whose consumption has a beneficial effect on human health. Designed eggs can be categorized as functional food and their production is made possible by modifying or designing a feeding mixture where some nutrients can be modified more than others. A diet of laying hens rich in omega-3 fatty acids results in an increase in the content of omega-3 fatty acids in the egg, improving the ratio of ω -3: ω -6. Chickens easily absorb and transfer omega-3 fatty acids from food and accumulate it in egg yolks, with fish oil being most effective in the diet. Selenium, vitamin E and lutein prevent the oxidation of fatty acids and provide a more stable and long-lasting product, while having a beneficial effect on health. Unlike conventional eggs, designed eggs allow us to increase our intake of nutrients that have a positive effect on human health and help prevent certain diseases.

Keywords: designed eggs, functional product, omega-3, health

Paper contains: 24 pages, 1 figure, 8 tables, 42 references

Original in: Croatian

Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: PhD. Nives Marušić Radovčić, Assistant professor

Defence date: September 18th 2019

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Teorijski dio | 2 |
| 2.1 Jaja | 2 |
| 2.1.1 Bjelanjak | 2 |
| 2.1.2 Žumanjak | 3 |
| 2.2 Biokemijski sastav jaja | 3 |
| 2.3 Značaj jaja u prehrani ljudi | 4 |
| 2.4 Jaja i kardiovaskularne bolesti | 6 |
| 2.5 Funkcionalna hrana | 7 |
| 2.6 Dizajnirana jaja | 7 |
| 2.7 Obogaćivanje jaja omega-3 masnim kiselinama | 8 |
| 2.8 Obogaćivanje jaja selenom | 10 |
| 2.9 Obogaćivanje jaja luteinom i zeaksantinom | 12 |
| 2.10 Obogaćivanje jaja vitaminima | 16 |
| 2.10.1 Obogaćivanje jaja vitaminom E | 17 |
| 3. Zaključak | 20 |
| 4. Literatura | 21 |

1. Uvod

Kokošja jaja izvor su brojnih hranjivih tvari u prehrani ljudi. Jedan su od najjeftinijih izvora proteina i energije. Lako su probavljiva i sadrže brojne mikronutrijente, njihov utjecaj na kardiovaskularno zdravlje zbog visokog sadržaja kolesterola (200-300 mg/100g) bio je razlog zbog kojeg se konzumacija jaja ograničavala, no danas se jaja smatraju namirnicom koja je poželjna u ljudskog prehrani jer je dokazano da kolesterol iz jajeta nema takav negativan utjecaj kako se mislilo (Alagawany i sur., 2018). Za većinu populacije unos kolesterola hranom ima relativno malen utjecaj na koncentraciju kolesterola u krvi. Razvojem prehrambene industrije, razvila se i funkcionalna hrana. Funkcionalna hrana je hrana čijom konzumacijom čuvamo zdravlje ili smanjujemo rizike od nastanka ili razvoja određenih bolesti. Pod pojmom dizajniranja jaja na tržište se uvode novi proizvodi čijom se konzumacijom pozitivno djeluje na zdravlje potrošača pa i dizajnirana jaja spadaju u skupinu funkcionalnog proizvoda. Stvaranje takvog proizvoda ostvaruje se promjenom sastava smjese kokoši nesilica, a moguće je utjecati na sastav masnih kiselina, vitamina i mineralnih tvari. Dodavanjem različitih ulja u prehranu nesilica može se utjecati na promjenu profila masnih kiselina, a krajnji rezultat je proizvod koji sadrži više omega-3 masnih kiselina i bolji omjer omega-3 i omega-6 masnih kiselina. Zbog povoljnog utjecaja na ljudsko zdravlje, obogaćivanje jaja ω -3 PUFA je poželjno, no zbog podložnosti oksidacije, potrebno je povećati i udio antioksidansa kako bi proizvod bio stabilniji i kako bi se spriječilo kvarenje prilikom skladištenja. Elementi koji sprječavaju oksidaciju lipida u jajetu su selen i vitamin E. Najčešći korišteni oblik selena u prehrani nesilica je organski selen. U ljudskom organizmu selen štiti stanice i tkiva od oštećenja od slobodnih radikala, a osim antioksidativne uloge, također jača djelovanje imunološkog sustava i neutralizira neke toksične tvari. Vitamin E je važno protuupalno sredstvo i posjeduje antikancerogena svojstva. Lutein je prirodni, žuto-narančasti pigment prirodno prisutan u žumanjku jajeta, no njegov se sadržaj može povećati promjenom smjese nesilica. U ljudskom organizmu prisutan je u žutoj pjegi pa je njihova prisutnost u namirnicama važna zbog očuvanja funkcije vida.

Cilj ovog rada bio je istražiti pojam dizajniranih jaja kao funkcionalne hrane i načine na koje se jaja mogu obogatiti određenim nutrijentima. Zaključiti na temelju istraživanja u kojoj se mjeri jaja mogu obogatiti nutrijentima i utvrditi potencijalne koristi od konzumacije takve hrane na ljudsko zdravlje.

2. Teorijski dio

2.1 Jaja

Prema Pravilniku o kakvoći jaja (Pravilnik, 2006), jaja su kokošja jaja u ljusci dobivena od kokoši nesilica namijenjena prehrani ljudi ili upotrebi u prehrambenoj industriji. Također, Pravilnik navodi da se jaja koja se stavljaju na tržište moraju proizvoditi, pakirati, čuvati i transportirati na način kojim se osigurava očuvanje njihove kakvoće. Svježa jaja svrstavaju se u A i B klasu, s obzirom na težinu, jaja se svrstavaju u četiri razreda i označavaju s oznakama:

1. XL za jaja od 73 g i veća,
2. L za jaja od 63 g do 73 g,
3. M za jaja od 53 g do 63 g,
4. S za jaja manja od 53 g.

Također, na pakiranju jaja mora se nalaziti podatak o načinu uzgoja peradi; oznaka 0 za jaja iz ekološkog uzgoja, 1 označava jaja iz slobodnog uzgoja, 2 jaja iz štalskog (podnog) uzgoja, a oznaka 3 za jaja iz kaveznog (baterijskog) uzgoja.

Jaje se sastoji od tri glavna dijela, a to su ljuska, bjelanjak i žumanjak. Od toga ljuska zauzima 9-11%, bjelanjak 60-63%, a žumanjak 28-29% mase cijelog jajeta (Li-Chan i Hyun-Ock, 2008).

Ljuska jajeta je porozna i građena je uglavnom od kalcij-karbonata. Ljuska štiti unutarnje, osjetljive dijelove jaja od vanjskih utjecaja i omogućuje izmjenu plinova i prijenos topline. Na površini svježih jaja nalazi se amnionska kutikula, a njezina je uloga antibakterijska. Uz ljusku se s unutarnje strane nalazi jedna opna, dok druga opna obavija unutrašnji sadržaj jajeta. Komora je zračni prostor između tih dviju opni koji se povećava uslijed isparavanja vode, a nastaje čim se jaje snese. Veličina zračne komore je indikator svježine jajeta, što je veća zračna komora, to je jaje dulje skladišteno.

2.1.1 Bjelanjak

Bjelanjak okružuje žumanjak s tri sloja. Na polovima jajeta srednji sloj bjelanjka tvori dva navoja, halaze, koje drže žumanjak u sredini jajeta.

Tri sloja bjelanjka su vanjski, unutarnji tekući i srednji čvrsti. Srednji čvrsti je najvoluminozniji i čini polovinu ukupne mase bjelanjka. Bjelanjak se većinski sastoji od vode (87,57%) i proteina (10,9%).

Za razliku od žumanjka, lipide sadrži u tragovima. Prema Tablici 1., vidljivo je da na 100g bjelanjka sadržaj masti 0,17g.

Proteini bjelanjka su ovalbumin, konalbumin, ovomukoid, lizozim, ovomucin, ovoglobulin, avidin i ovoinhibitor. Bjelanjak se smatra idealnim izvorom proteina jer sadrži sve esencijalne aminokiseline u pravim omjerima.

2.1.2 Žumanjak

Žumanjak se nalazi u središnjem dijelu jajeta. Obavija ga žumanjčana opna. Predstavlja energetske najgušći dio jajeta i to zbog sadržaja lipida kojih u svom sastavu ima 26,54%.

Lipidi žumanjka su trigliceridi (65,5%), fosfolipidi (28,3%) i kolesterol (5,2%). Najzastupljenije masne kiseline su oleinska, palmitinska, linolenska i stearinska. U sastavu žumanjka nalaze se i arahidonska kiselina (ω -6) i dokozaheksaenska kiselina (ω -3).

Pigmenti koji žumanjku daju njegovu boju su lutein, ovoflavin i karotin. Proteini koje nalazimo u žumanjku su lipoproteini male gustoće, fosfitin, lipovitelin i livetin (Trpčić i sur., 2010).

2.2 Biokemijski sastav jaja

Biokemijski sastav jaja dobro je izbalansiran; jaje sadrži visokovrijedne proteine, masti i ugljikohidrate.

Proteini bjelanjka su ovalbumin, konalbumin, ovomukoid, lizozim, ovomucin, ovoglobulin, avidin i ovoinhibitor, a proteini žumanjka fosfitin, lipovitelin, livetin i lipoproteini male gustoće (Trpčić i sur., 2010). Jaje sadrži sve esencijalne aminokiseline.

Od minerala u jajetu su najzastupljeniji Na, K, P, Ca, Mg, Fe, Cl i S. Vitamini koji se nalaze u jajetu su A, D, E, K, B1, B2, B6, B12, β -karoten, B3 pantotenska kiselina, biotin i folna kiselina. Lipide žumanjka čine trigliceridi oleinske, palmitinske, stearinske i linolne kiseline, fosfolipidi (lecitin) i kolesterol.

Pokazalo se da se mijenjanjem sastava smjese nesilica može znatno utjecati na biokemijski sastav jajeta, na neke se nutrijente može utjecati u većoj mjeri. Sadržaj masnih kiselina u žumanjcima se mijenja značajno pod utjecajem sastava masti u hrani. Prehrana bogata omega-3 masnim kiselinama rezultira povećanjem sadržaja omega-3 masnih kiselina u jajetu. Isto vrijedi i za omega-6 masne kiseline.

Od mikronutrijenata se riboflavin, folna kiselina, niacin, tiamin, piridoksin, pantotenska kiselina, biotin, vitamin B12, jod, selen i bakar dobro prenose u bjelanjak. U žumanjku se, uz već navedene vitamine, promjenom prehrane nesilica bolje utječe na povećanje koncentracije vitamina topljivih u mastima, odnosno vitamina A, vitamina D i vitamina E (Galea, 2011).

2.3 Značaj jaja u prehrani ljudi

Jaje je namirnica koja je vrlo rasprostranjena u prehrani ljudi. Nalazi se u brojnim proizvodima, a izvrstan je izvor hranjivih tvari.

Jaja imaju funkcionalna terapijska i imunostimulacijska svojstva i stoga su vrlo važna u ljudskoj prehrani. Jaja sadrže proteine najveće biološke vrijednosti (potpune proteine), esencijalne masne kiseline, vitamine topljive u mastima i različite minerale poput kalcija, magnezija, fosfora i dr. (Tablica 1.). Jaja su izvor vitamina K i vitamina D (Applegate, 2000).

Proteini iz jaja su među najpotpunijim i najlakše probavljivim proteinima. Proteini jaja imaju idealan aminokiselinski sastav i omjer aminokiselina pa se uzimaju se kao standard pri ocjenjivanju kvalitete proteina (aminokiselinskog sastava) drugih namirnica. Proteinima jaja je dodijeljena vrijednost 100, a kvaliteta proteina ostalih namirnica je određivana usporedbom s proteinima jaja.

Jaja sadrže lutein i zeaksantin, antioksidanse koji štite od lipidne oksidacije i tako mogu i prevenirati nastanak kardiovaskularnih bolesti. Lutein je učinkovit u smanjenju oksidacije LDL-a (Ribaya-Mercado i Blumberg, 2005), a njegov se sadržaj u jajetu može povećati dodavanjem luteina u prehranu nesilica.

Prosječno jaje, razreda M (53-63g), sadrži samo 83 kcal, pa možemo zaključiti da jaje nema veliku kalorijsku vrijednost, a nutritivno je bogata namirnica.

Iako jaja imaju izrazito kvalitetan nutritivan sastav, još mogu biti dodatno obogaćena nutrijentima koji imaju dokazano pozitivno djelovanje na zdravlje ljudi (omega-3 masne kiseline, razni mikronutrijenti).

Obogaćivanje jaja nutrijentima postiže se na relativno lagan način, putem mijenjanja prehrane nesilica čime se direktno djeluje na sastav jajeta. Obogaćivanje jaja detaljnije je opisano u sljedećim poglavljima.

Tablica 1. Nutritivni sastav cijelog jajeta, žumanjka jajeta i bjelanjka jajeta (USDA, 2019)

| Nutrijent | Jedinica | Cijelo jaje | Žumanjak | Bjelanjak |
|---------------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|
| vrijednost na 100 g | | | | |
| Voda | g | 76,15 | 52,31 | 87,57 |
| Energija | kcal | 143 | 322 | 52 |
| Protein | g | 12,56 | 15,86 | 10,9 |
| Ukupne masti | g | 9,51 | 26,54 | 0,17 |
| Ugljikohidrati | g | 0,72 | 3,59 | 0,73 |
| Šećeri, ukupni | g | 0,37 | 0,56 | 0,71 |
| Masne kiseline, zasićene | g | 3,126 | 9,551 | 0 |
| Masne kiseline, mononezasićene | g | 3,658 | 11,738 | 0 |
| Masne kiseline, polinezasićene | g | 1,911 | 4,204 | 0 |
| Kolesterol | mg | 372 | 1085 | 0 |
| Kalcij, Ca | mg | 56 | 129 | 7 |
| Željezo, Fe | mg | 1,75 | 2,73 | 0,08 |
| Magnezij, Mg | mg | 12 | 5 | 11 |
| Fosfor, P | mg | 198 | 390 | 15 |
| Kalij, K | mg | 138 | 109 | 163 |
| Natrij, Na | mg | 142 | 48 | 166 |
| Cink, Zn | mg | 1,29 | 2,3 | 0,03 |
| Vitamin C | mg | 0 | 0 | 0 |
| Tiamin | mg | 0,04 | 0,176 | 0,004 |
| Riboflavin | mg | 0,457 | 0,528 | 0,439 |
| Niacin | mg | 0,075 | 0,024 | 0,105 |
| Vitamin B6 | mg | 0,17 | 0,35 | 0,005 |
| Folat, DFE | µg | 47 | 146 | 4 |
| Vitamin B12 | µg | 0,89 | 1,95 | 0,09 |
| Vitamin A, RAE | µg | 160 | 381 | 0 |
| Vitamin A, IU | IU | 540 | 1442 | 0 |
| Vitamin E | mg | 1,05 | 2,58 | 0 |
| Vitamin D (D2 + D3) | µg | 2 | 5,4 | 0 |
| Vitamin D | IU | 82 | 218 | 0 |
| Vitamin K | µg | 0,3 | 0,7 | 0 |

2.4 Jaja i kardiovaskularne bolesti

Jaja su namirnica bogata kolesterolom, obično sadrže 141-234 mg po jajetu (Clayton i sur., 2017). Povišena razina ukupnog, a posebno LDL kolesterola u krvi povećava rizik od kardiovaskularnih bolesti. AHA (American Heart Association) preporučila je ograničenje unosa prehrambenog kolesterola na 300 mg/dan te se uz tu restrikciju savjetovala restrikcija unosa jaja (Deckelbaum i sur. 1996). Uz to, DASH i TLC dijeta koje su namijenjene osobama sa kardiovaskularnim bolestima, ograničavaju unos na 2-4 jaja/ tjedan (Clayton i sur., 2017).

Iako se donedavno smatralo da pridonose razvitku bolesti kardiovaskularnog sustava zbog visokog udjela kolesterola, čiji sadržaj u jajima možemo vidjeti u Tablici 2., mišljenje stručnjaka se promijenilo i utvrdilo se da za većinu ljudske populacije kolesterol iz jaja, a i ostale hrane koja sadrži kolesterol, ne pridonosi značajno arterosklerozi i kardiovaskularnim bolestima (Song i Kerver, 2000).

To ne vrijedi za sve, oko 25% opće populacije je osjetljivo na prehrambeni kolesterol, to jest, povećanjem unosa kolesterola putem hrane, povećava se koncentracija kolesterola u krvi. Osobe s povišenom razinom kolesterola u krvi mogu jesti do dva jaja tjedno.

Za većinu zdravih osoba ne postoji preporuka o ograničenju broja konzumiranih jaja na tjednoj razini, no u skladu s mediteranskom prehranom preporuča se konzumirati do četiri jaja tjedno (Davis i sur., 2015). Jaja doprinose kakvoći prehrane kao izvor esencijalnih nutrijenata te konzumiranje ne rezultira povećanjem razine kolesterola u krvi.

Inhibiranje apsorpcije kolesterola može se postići konzumiranjem određene hrane, takva hrana sadrži omega-3 masne kiseline i biljne sterole, pa tako i u tu skupinu proizvoda pripadaju jaja obogaćena omega-3 masnim kiselinama.

Uključivanje n-3 dugolančanih polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) u prehranu ljudi može imati pozitivan učinak na zdravlje, poput smanjenja viskoznosti krvi, agregacije trombocita i pojave kardiovaskularnih bolesti (Wiseman, 1997).

Tablica 2. Sadržaj kolesterola u jajima (USDA, 2019)

| Vrsta namirnice | Sadržaj kolesterola/100g (mg) |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Jaje, cijelo, sirovo, svježe | 372 |
| Jaje, žumanjak, sirov, svježi | 1085 |
| Jaje, bjelanjak, sirov, svježi | 0 |

2.5 Funkcionalna hrana

Naziv „funkcionalna hrana“ prvi se puta počinje koristiti u Japanu 1980-tih godina, a odnosio se na prehrambene proizvode koji su obogaćeni nutrijentima koji imaju korisno fiziološko djelovanje na zdravlje ljudi (Hardy, 2000). Funkcionalna hrana može poboljšati opće stanje organizma, smanjiti rizik oboljenja od raznih bolesti, čak se može koristiti tijekom liječenja nekih bolesnih stanja (Menrad, 2003). FUFOS (The European Commission Concerted Action on Functional Food Science in Europe) je kao značajke funkcionalne hrane navela:

- a) funkcionalna hrana treba biti konvencionalna ili svakodnevna hrana,
- b) može se konzumirati kao dio uobičajene prehrane, sadrži komponente koje se mogu prirodno naći u toj hrani koje su dodane u tu hranu u većoj koncentraciji specifičnoj za tu hranu ili dodane u hranu u kojoj se inače prirodno ne nalaze,
- c) ima pozitivan utjecaj na fiziološke funkcije van njezine same nutritivne vrijednosti,
- d) može poboljšati opće zdravstveno stanje i/ili smanjiti rizik od bolesti ili poboljšati kvalitetu života uključujući fizičke, psihološke i bihevioralne komponente te
- e) ima potvrđene i utemeljene zdravstvene tvrdnje (Roberfroid, 2000).

U Hrvatskoj i općenito u zemljama EU nije dogovorena opća definicija funkcionalne hrane, no ipak postoji Pravilnik o hrani obogaćenoj nutrijentima (dodavanje vitamina, minerala i drugih tvari hrani) prema kojem se hrani mogu dodavati vitamini i minerali koji moraju biti u bioiskoristivom obliku, bez obzira da li se uobičajeno nalaze u toj hrani pri čemu se u obzir može uzimati pomanjkanje jednog ili više vitamina i/ili minerala, mogućnost poboljšanja prehrane populacije ili pojedinih populacijskih grupa povećanja unosa vitamina ili minerala u prehrani zbog promijenjenih prehrambenih navika ili razvoj općeprihvaćenih znanstvenih spoznaja o ulozi vitamina i minerala u prehrani i njihovim učincima na zdravlje (Pravilnik, 2011).

2.6 Dizajnirana jaja

Pod dizajniranim proizvodima podrazumijevaju se prehrambeni proizvodi koji su po svom sastavu i utjecaju na ljudsko zdravlje drugačiji od uobičajenih komercijalnih proizvoda. Jaja su namirnica koja se konzumira gotovo svakodnevno pa poboljšanje njihovog sastava može utjecati na poboljšanje zdravlja. Dizajnirana se jaja mogu svrstati u kategoriju funkcionalne hrane, a njihova je proizvodnja omogućena modificiranjem ili dizajniranjem smjese čime se najčešće manipulira udjelom i sastavom masti. Hranidba nesilica se tako modificira dodatkom ulja bogatih omega-3 masnim kiselinama, selena, vitamina E, jodom, vitamina B kompleksa ili drugim djelatnim tvarima u ljudskom organizmu (Kralik i Jelić, 2017). Dizajnirana su jaja

poželjna u prehrani jer se njihovom svakodnevnom konzumacijom može povoljno djelovati na prevenciju brojnih bolesti (kardiovaskularne, bolesti oka i dr.). Dodatkom omega-3 masnih kiselina, poboljšava se omjer ω -3: ω -6. Selen, vitamin E i lutein sprječavaju oksidaciju masnih kiselina te osiguravaju stabilniji i dugotrajniji proizvod. Razina DHA, vitamina E, omega-3 masne kiseline može biti povećana toliko da konzumacijom jednog jajeta čovjek dnevno unese u organizam količine veće od preporučenog dnevnog unosa. U Tablici 3. možemo vidjeti koliko se promjenom smjese nesilica može utjecati na sadržaj određenih nutrijenata u jajetu. Za razliku od konvencionalnih jaja, dizajnirana nam jaja omogućuju veći unos nutrijenata koji pozitivno djeluju na ljudsko zdravlje i pomažu u prevenciji određenih bolesti. Povećan sadržaj antioksidansa, mogao bi utjecati na smanjenje bolesti koje nastaju uslijed stresa.

Tablica 3. Sastav hranjivih tvari konvencionalnih i dizajniranih jaja (Surai i sur., 2000)

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

*** značajnost na razini $P < 0,001$

2.7 Obogaćivanje jaja omega-3 masnim kiselinama

Masne kiseline su velika grupa spojeva, najčešće se dijele na zasićene i nezasićene, dalje se obje skupine opisuju s obzirom na broj C atoma, a nezasićene s obzirom na broj dvostrukih veza, položaj te konfiguraciju dvostruke veze.

Zasićene masne kiseline nemaju dvostrukih veza. Mononezasićene (jednostruko nezasićene) masne kiseline imaju jednu dvostruku vezu i višestruko nezasićene (polinezasićene) imaju dvije ili više dvostrukih veza. Jedino biljke mogu sintetizirati ω -3 i ω -6 masne kiseline, čovjek ne može pa ih mora unositi hranom. Linolna (C18:2, ω -6) i α -linolenska (C18:3, ω -3) su esencijalne masne kiseline. Dugolančane masne kiseline koje nastaju iz ALA i LA su izuzetno važne, a to su arahidonska, EPA i DHA.

ω -3 i ω -6 masne kiseline su prekursori parakrinih hormona (eikozanoida) koji imaju brojne funkcije među kojima su upalni procesi koji su podloga brojnih kroničnih bolesti. Hormoni

nastali iz ω -3 imaju povoljni učinak (protuupalni), dok se oni nastali iz ω -6 povezuju s upalim procesima.

Neravnoteža unosa ω -3 i ω -6 masnih kiselina ima nepoželjne učinke. Optimalan omjer unosa ω -6: ω -3 je 2-3:1. U svakodnevnoj prehrani unos ω -6 nije problematičan, dok je unos ω -3 prenizak. Omega-6 masna kiselina (arahidonska kiselina) prelazi u upalne prostaglandine i leukotriene i time utječe na pojavu kardiovaskularnih bolesti. Povećan unos omega-3 masnih kiselina smanjuje utjecaj omega-6 masne kiseline na membranu stanice i povećava protuupalni odgovor (Prašek, 2004; Wall i sur. 2010).

Hrana koja sadrži najviše α -linolenske masne kiseline su lan, orasi, repica, zeleno lisnato povrće, a najbogatiji izbor EPA i DHA su riba i ulja morskih organizama (Kralik i sur., 2018). Jaja sadrže visok udio omega-6 masnih kiselina (linolna masna kiselina), a ugradnjom dokosaheksaenoične (DHA) i eikosapentaenoične (EPA) kiseline unaprijeđuje se sastav masnih kiselina jaja kao i sam omjer između omega-6 i omega-3 masnih kiselina.

Kokoši lako apsorbiraju i prenose omega-3 masne kiseline iz hrane te se one akumuliraju u žumanjku. U prosjeku je potrebno hraniti kokoši 2 tjedna posebno modificiranim smjesama kako bi kokoši počele nesti jaja s povećanim sadržajem n-3 masnih kiselina (Cherian i Sim, 1991).

U istraživanju koje su proveli Kralik i sur. (2007) o utjecaju različitih ulja u hrani za nesilice na kakvoću jaja i sadržaj masnih kiselina u žumanjku jajeta korištene su 3 skupine nesilica kojima su davane posebno dizajnirane smjese. Kontrolna je skupina konzumirala smjesu s dodatkom 5% sojinog ulja. Skupina P1 hranjena je smjesom koja je sadržavala 3,5% ribljeg ulja i 1,5% repičinog ulja, a skupina P2 u smjesi je imala 1,5% ribljeg ulja i 3,5% repičinog ulja. Ovim smjesama su nesilice bile hranjene 28 dana nakon čega se analizirala kakvoća jaja i sadržaj masnih kiselina. Najpovoljniji omjer ω -3: ω -6 masnih kiselina, više EPA i DHA, najveći udio ukupnih PUFA u žumanjcima bio je u jajima iz skupine P1, odnosno kod kokoši koje su bile hranjene najvećim udjelom ribljeg ulja.

U istraživanju modifikacije profila masnih kiselina u žumanjcima jaja korištenjem različitih izvora ulja Omidi i suradnici (2015) su 72 nesilice podijelili u 6 skupina pri čemu je prva bila pokusna skupina, prvoj skupini je u smjesu bilo dodano riblje ulje, drugoj maslinovo ulje, trećoj ulje sjemenki grožđa, četvrtoj je skupini bilo dodano ulje repice, a petoj sojino ulje. Dodavanjem ulja u smjesu nije se utjecalo na proizvodnju i masu jaja, ali je utvrđen značajno veći udio EPA i DHA i ukupnih n-3 PUFA kod nesilica koje su u dizajniranoj smjesi imale riblje

ulje. Ova dva istraživanja dokazala su da dodatkom ribljeg ulja u smjesu kojom se hrane nesilice možemo značajno utjecati na kvalitetu profila masnih kiselina u samom jajetu.

Također, u cilju obogaćivanja jaja omega-3 masnim kiselinama, nesilicama se u smjesu mogu dodati sjemenke lana ili alge obogaćene DHA.

Dizajnirana jaja obogaćena omega-3 masnim kiselinama, imaju povoljan omjer ω -6: ω -3 masnih kiselina, bogata su EPA i DHA. Takvom promjenom sastava masti jaja, povoljno se djeluje na ljudsko zdravlje jer navedene masne kiseline smanjuju razinu triglicerida u krvi, krvni tlak, smanjuju učestalost arteroskleroze, tumora, smanjuju uplane procese u organizmu, povoljno utječu na imunološki sustav (Mishra i sur. 1993). Dostatnim unosom omega-3 masnih kiselina smanjuje se rizik od depresije, moždanog udara, dijabetesa tipa 1 i 2, demencije i drugih bolesti.

2.8 Obogaćivanje jaja selenom

Skladištenje jaja svakodnevna je praksa kako bi se mogle zadovoljiti potrebe tržišta i smanjiti broj individualnih inkubatora u peradarskoj industriji, no skladištenjem se također utječe i na kvalitetu jaja. Skladištenjem dolazi do promjena u jajetu poput gubitka vode i ugljikovog dioksida te dolazi do povećanja pH u albumenu (Pappas i sur., 2005). Također, na kvalitetu albumena uz duljinu skladištenja utječu i uvjeti skladištenja te dob nesilice i kvaliteta ljuske. Uobičajena prehrana u peradarskoj industriji bazirana je na žitaricama, iz tog razloga takva prehrana ima visok omjer ω -6: ω -3 masnih kiselina. Zbog povoljnog utjecaja na ljudsko zdravlje, obogaćivanje jaja ω -3 PUFA je poželjno, no zbog podložnosti oksidacije ovih masnih kiselina, potrebno je povećati i udio antioksidansa. Elementi koji sprječavaju oksidaciju lipida u jajetu su selen i vitamin E.

Selen je esencijalni mikronutrijent koji ima važnu ulogu u regulaciji raznih fizioloških funkcija. Preporučeni unos selena je 55 μ g dnevno. Namirnice koje su bogate selenom su jaja, meso, riba, kruh i žitarice (Kieliszek, 2019).

Zbog različitosti tla, sadržaj selena u hrani je vrlo različit od zemlje do zemlje. Tlo u Europi je siromašno selenom, sirovine koje rastu na takvom tlu sadrže niske koncentracije selena pa populacija koja konzumira takve namirnice ne može unijeti dovoljne količine selena u organizam. U dijelovima Kine, Sibira i Sjeverne Koreje, gdje su koncentracije selena u tlu izrazito niske, učestala pojava su bolesti lokomotornog sustava Kashin-Beck i Keshan, bolest srčanog mišića (Reilly, 1998). Prema Oldfieldu (2002), Hrvatska se svrstava u zemlje tla

siromašnog selenom te se navodi da bi deficit selena mogao doprinosti većoj incidenciji raka u nekim područjima.

Selen je antioksidans, štiti stanice i tkiva od oštećenja od slobodnih radikala, osim antioksidativne uloge, također jača djelovanje imunološkog sustava i neutralizira neke toksične tvari kao što su kadmij, živa i arsen koje možemo udahnuti ili unijeti hranom. U ljudskom je organizmu sastavni dio tridesetak selenoproteina koji sudjeluju u radu imunološkog i reproduktivnog sustava (Kralik i Jelić, 2017). Čovjek selen unosi u obliku selenoaminokiselina.

Peradi selen može biti dodan u prehranu u obliku selenita, selenata (anorganski oblik) ili u obliku organskih spojeva selena (selenoaminokiseline).

Selenoamniokiseline, selenometionin i selenocistein, nalaze se u proteinima žitaricama kojima se hrani perad. Dodatak selena kao dodatka prehrani peradi u industriji se provodi rutinski, u obliku natrijeva ili kalcijeva selenata. Organski oblici selena imaju veću bioraspoloživost od anorganskog (Edens i Gowdy, 2004).

Osim antioksidativne uloge selena, selen također utječe i na kvalitetu jaja, smanjuje pad visine albumena, odnosno bjelanjka koja opada prilikom skladištenja.

U istraživanju Kralik i suradnika (2018), u eksperimentu koji je trajao 5 tjedana, utvrđivalo se mogućnost obogaćivanja jaja uljem, selenom, luteinom i vitaminom E. Nesilice su dobivale modificiranu smjesu u koju je dodano 5% smjese ulja, 0,5 mg/kg organskog selena, 200 mg/kg luteina i 200 mg/kg vitamina E. Udio n-3 PUFA bio je značajno bolji kod dizajniranih jaja u odnosu na konvencionalna jaja. Omjer ω -3: ω -6 PUFA bio je za dva puta bolji u pokusnoj skupini. Uspoređivanjem eksperimentalne i kontrolne skupine, utvrđeno je da je udio selena više porastao u bjelanjku, čak 3 puta. Udio selena porastao je i u žumanjku, eksperimentalna skupina imala je duplo veći udio selena. Također, modificiranjem smjese, povećao se udio vitamina E i luteina u jajetu (Kralik i sur., 2018).

U studiji Bennetta i Chenga (2010), ispitivalo se dodavanje viših nivoa selena u prehranu tri pasmine nesilica, također se pratila proizvodnja i masa jaja. U prehranu koja je sadržavala 0,3 μ g selena u obliku Na_2SeO_3 , dodan je Se kvasac i organski selen u koncentracijama od 1,0, 2,4, ili 5,1 μ g Se/g hrane. Takav režim prehrane implementiran je četiri tjedna. Dodatak selena u smjesu nije utjecao na potrošnju hrane, proizvodnju i masu jaja. Sadržaj selena u jajima linearno se povećavao s povećanjem sadržaja selena u smjesi. Može se zaključiti da

uvođenjem selena u prehranu nesilica do 5,1 µg/ g smjese neće utjecati na proizvodnju jaja, a rezultat će dobivanjem funkcionalnog proizvoda (Bennett i Cheng, 2010).

2.9 Obogaćivanje jaja luteinom i zeaksantinom

Lutein je prirodni, žuto-narančasti pigment, spada u skupinu karotenoida, ksantofila. Izomer je sa zeaksantinom od kojeg se razlikuje po položaju jedne dvostruke veze unutar terminalnog prstena (Kerep i sur., 2012). Karotenoidi, posebno lutein, može usporiti razvoj arteroskleroze.

U ljudskom su organizmu lutein i zeaksantin prisutni u žutoj pjegi pa je njihova prisutnost u namirnicama važna zbog očuvanja funkcije vida. Lutein je važan pigment u očima i koži jer štiti od valova plave svjetlosti koji mogu uzrokovati oštećenja tako što ih apsorbira (Kralik i Jelić, 2017). Jaje, kao i sve ostale namirnice bogate ovim pigmentima, mogu povećati gustoću pigmenta u makuli (Johnson i sur., 2000). Pri velikom deficitu luteina, moguć je razvoj makularne degeneracije što dovodi do gubljenja vida i sljepila.

Kao što navode Ribaya-Mercado i Blumberg (2005), istraživanja luteina i zeaksantina pokazuju njihov mogući doprinos u zaštiti od nekih bolesti kao što je siva mrena (katarakta), makularna degeneracija, bolesti srca i neki oblici raka. Također, navodi se da mogućnost djelovanja ovih pigmenta na razvoj arteroskleroze, pri čemu lutein i zeaksantin djeluju protektivno i sprječavaju oksidaciju LDL-a.

Konzumacijom oralnih pripravaka bogatih luteinom i zeaksantinom u žena 25-50 godina starosti, smanjila se lipidna peroksidacija za 56%, koža im je bila elastičnija i bolje hidratirana (Palombo i sur., 2007).

Ovi se pigmenti nalaze u voću, povrću, žitaricama i jajima, a njihov sadržaj u određenim namirnicama prikazan je u Tablici 4. Iako sadržaj luteina i zeaksantina nije najveći u jaju (žumanjku) od svih navedenih namirnica, njegova je bioiskoristivost veća. Lutein je topljiv u mastima pa je dobro raspršen u žumanjku što ga čini lako probavljivim te to pridonosi njegovoj bioiskoristivosti.

Iz svih navedenih razloga, povećanjem sadržaja luteina u jajima, možemo utjecati za poboljšanje zdravlja populacije, odnosno, povećanjem sadržaja luteina, učinkovito možemo prevenirati nastanak sljepila.

Lutein je sastavni dio žumanjka, no nesilice ga ne mogu same sintetizirati već ga moraju unositi hranom. Kukuruz je najzastupljenije krmivo u hranidbi kokoši, a zrno sadrži 11-30 mg karotenoida/kg pa se putem prehrane utječe na sadržaj karotenoida, uključujući i luteina, i

boju žumanjka. Najčešće se za hranidbu kokoši u peradarskoj industriji koristi lutein koji je ekstrahiran iz *Tagetes erecta L.*, odnosno, meksičke kadifice (Wu i sur., 2009). Lutein se godinama koristi u prehrani nesilica, a njegov se sadržaj u krajnjem proizvodu, jajetu, može povećati putem modifikacije prehrane nesilica čak 5 do 8 puta. Smatra se da se povećanjem sadržaja luteina u jajetu može utjecati na stabilnost PUFA jer ih lutein štiti od oksidacije.

Tablica 4. Sadržaj luteina i zeaksantina u namirnicama (USDA, 2019)

| Namirnica | Lutein i zeaksantin (µg/100g) |
|------------------------|--|
| Špinat | 12198 |
| Bundeva | 1500 |
| Kukuruz | 644 |
| Žumanjak jajeta | 1094 |
| Jaje, cijelo | 503 |
| Kelj | 6261 |

Dva eksperimenta Leeson i Castona (2004) kojima je bio cilj istražiti učinkovitost prijenosa luteina iz hrane koristila su različitu vrstu prehrane, u prvom eksperimentu smjesa bazirana na soji i kukuruzu obogaćena je sa 0, 125, 250, 375, 500, 625, 750 ili 1000 ppm luteina, u drugom je eksperimentu korištene su tri vrste prehrane, a koncentracije luteina drugog eksperimenta bile su 0, 125, 250 ili 500 ppm.

U prvom eksperimentu povećanjem koncentracije luteina u prehrani povećala se i koncentracija luteina u jajima. Zaključili su da se najveća razina obogaćivanja postigla s 500 ppm-a luteina, a najznačajnije obogaćivanje postiglo se s dodavanjem 125 ppm luteina. Autori su opazili da većih promjena u koncentraciji luteina u jajima nije bilo iznad 375 ppm. U Tablici 5. je prikazana promjena sadržaja luteina u jajima, pa se može vidjeti kako je početni sadržaj luteina bio 0,16 mg/60 g jajeta, a pri dodavanju 125 ppm-a došlo je do povećanja i sadržaj luteina bio je 1,17 mg/60 g jajeta. Dodavanjem luteina u prehranu nesilica već se i s 125 ppm značajno pojačala boja žumanjka koja se nakon sedam dana sa 6/7 povećala na 12/13 po Rocheovoj skali. Dodatak luteina iznad 250 ppm nije rezultirao daljnjim povećanjem boje.

Tablica 5. Obogaćivanje jaja luteinom (Leeson i Caston, 2004)

| Eksperiment 1 | | |
|---------------------------------|-------------------------------|--|
| Prehrambeni lutein (ppm) | Lutein (mg/60g jajeta) | Lutein + zeaksantin (mg/60g jajeta) |
| 0 | 0,16 | 0,32 |
| 125 | 1,17 | 1,33 |
| 250 | 1,25 | 1,39 |
| 375 | 1,37 | 1,50 |
| 500 | 1,49 | 1,62 |
| 625 | 1,45 | 1,57 |
| 750 | 1,49 | 1,60 |
| 1000 | 1,62 | 1,74 |

U drugom eksperimentu tri korištene prehrane bile su: smjesa bazirana na soji i kukuruzu, smjesa u koju je uključen kukuruzni gluten i lucerna i treća smjesa koja je uz kukuruzni gluten i lucernu sadržavala mljevene lanene sjemenke. Drugim eksperimentom pokazala se učinkovita prehrana kukuruznog glutena i lucerne, dok je uključivanje lanenih sjemenki dovelo do smanjenja bioakumulacije luteina u žumanjku. Kao što možemo vidjeti u Tablici 6., uključivanje 250 ppm luteina u prehranu u prvoj dijeti rezultiralo je 1,52 mg/60g jajeta, uz dodatak lucerne i glutena ta je vrijednost za 250 ppm bila 1,72 mg/60g jajeta, a dodavanjem lanenih sjemenki sadržaj luteina bio je samo 1,40 mg/60g jajeta.

Tablica 6. Obogaćivanje jaja luteinom (Leeson i Caston, 2004)

| Eksperiment 2 | | | |
|--|---------------------------------|-------------------------------|--|
| Tip dijete | Prehrambeni lutein (ppm) | Lutein (mg/60g jajeta) | Lutein + zeaksantin (mg/60g jajeta) |
| Kukuruz-soja | 0 | 0,18 | 0,29 |
| Kukuruz-soja | 125 | 1,43 | 1,63 |
| Kukuruz-soja | 250 | 1,52 | 1,71 |
| Kukuruz-soja | 500 | 1,65 | 1,79 |
| Kukuruz-soja, CGM, ALF | 0 | 0,29 | 0,48 |
| Kukuruz-soja, CGM, ALF | 125 | 1,38 | 1,59 |
| Kukuruz-soja, CGM, ALF | 250 | 1,72 | 1,94 |
| Kukuruz-soja, CGM, ALF | 500 | 2,04 | 2,24 |
| Kukuruz-soja, CGM, ALF, lanene sjemenke | 0 | 0,24 | 0,41 |
| Kukuruz-soja, CGM, ALF, lanene sjemenke | 125 | 1,23 | 1,45 |
| Kukuruz-soja, CGM, ALF, lanene sjemenke | 250 | 1,40 | 1,60 |
| Kukuruz-soja, CGM, ALF, lanene sjemenke | 500 | 1,39 | 1,57 |

(CGM-kukuruzni gluten, ALF-lucerna)

U oba eksperimenta se koncentracija luteina povećala u žumanjku, iako je učinkovitost prijenosa vrlo niska, posebno za veće koncentracije luteina. Zapažena smanjena bioakumulacija luteina prilikom uključivanja lanenih sjemenki u prehranu mogla bi biti problem prilikom stvaranja funkcionalnog proizvoda obogaćenog luteinom i omega-3 masnim kiselinama.

Istraživači navode da je prosječan dnevni unos luteina odraslih osoba u SAD-u manji od 1 mg/dan pa bi jaje koje sadrži 1,5 do 2 mg luteina ipak moglo imati značajan doprinos našoj prehrani.

Mogućnost povećanja koncentracije luteina u jajima također je dokazano u radu gdje su nesilice bile hranjene smjesom sa 0, 125 ili 250 ppm luteina pri čemu se dodavanjem luteina

u prehranu znatno promijenila boja žumanjka, a najveći postignuti sadržaj luteina u jajima bio je 1,6 mg/60 g jajeta. Također, u ovom se radu pokazalo da dodatkom luteina možemo i utjecati na zdravlje nesilica jer se dodatkom luteina značajno smanjilo uočeno krvarenje na jetri (Leeson i sur., 2007).

2.10 Obogaćivanje jaja vitaminima

Vitamini su prirodna su komponenta hrane, u hrani su prisutni u vrlo malim količinama (mg ili µg), a ljudskom su organizmu potrebni za rast, razvoj, funkcioniranje i održanje tkiva, reprodukciju i dr. Sadržaj vitamina u jajetu možemo vidjeti u Tablici 7. Danas su na tržištu najbrojnija jaja obogaćena omega-3 masnim kiselinama, ali i vitaminom E, no Leeson i Caston (2003) navode da je jaja moguće i obogatiti drugim vitaminima. U njihovom radu proučavalo se obogaćivanje jaja različitim vitaminima. Kokoši su 90 dana bile hranjene smjesom koja je sadržavala dodane vitamine, a razine vitamina bile su odabrane s ciljem da se u jajetu postigne 50% preporučenog dnevnog unosa (DRI). Rezultati te studije prikazani su u Tablici 7. Možemo zaključiti da je povećanje koncentracije vitamina u prehrani nesilica rezultiralo povećanjem koncentracije gotovo svih vitamina u dizajniranom jajetu, no nije postignut cilj istraživanja. Najveći skok u koncentraciji vitamina bio je za vitamin B12, ali i za vitamin E i vitamin D. Daljnje mogućnosti povećanja udjela vitamina E u dizajniranim jajima navedene su u sljedećem poglavlju.

Tablica 7. Sadržaj vitamina u konvencionalnim i dizajniranim jajima (Leeson i Caston, 2003)

| | DRI (µg) | Konvencionalno jaje, DRI (%) | Dizajnirano jaje, DRI (%) |
|------------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Vitamin A | 900 | 6,6 | 8,3 |
| Vitamin D₃ | 10 | 3,9 | 11,4 |
| Vitamin E | 15000 | 8,8 | 25,1 |
| Vitamin K | 120 | 108,0 | 108,0 |
| Vitamin B1 | 1200 | 4,1 | 5,6 |
| Vitamin B2 | 1300 | 16,8 | 18,8 |
| Vitamin B6 | 1300 | 2,1 | 2,5 |
| Biotin | 30 | 56,6 | 60,0 |
| Folna kiselina | 400 | 2,3 | 2,5 |
| Niacin | 1600 | 0,3 | 0,5 |
| Pantotenska kiselina | 500 | 15,3 | 24,1 |
| Vitamin B12 | 2,4 | 36,3 | 139,0 |

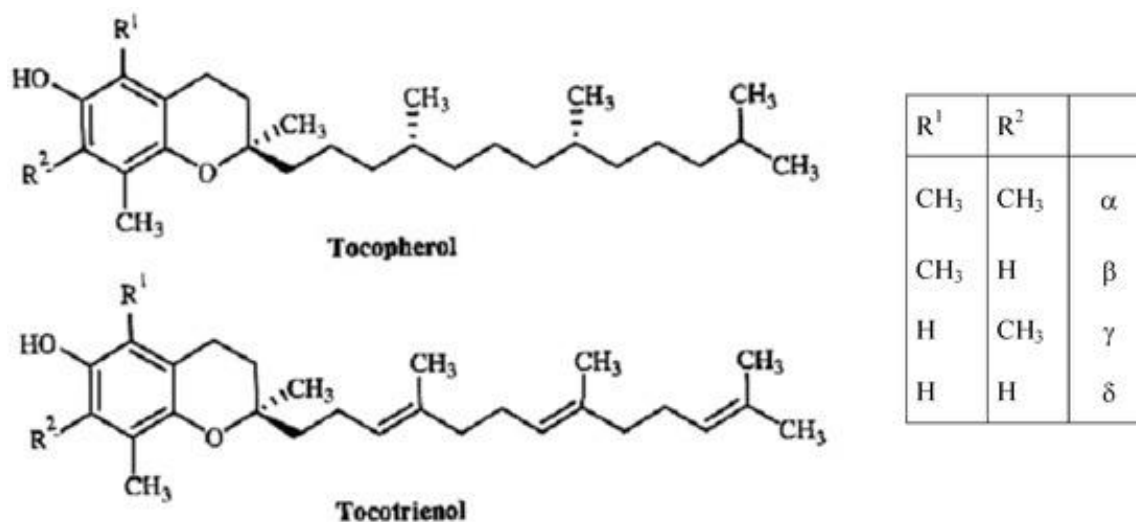
2.10.1 Obogaćivanje jaja vitaminom E

Vitamin E spada u skupinu vitamina topljivih u mastima, a dobivamo ga isključivo iz hrane. Vitamin E nalazi se u raznim namirnicama i uljima.

Vitamin E, odnosno, tokoferoli se označavaju slovima grčkog alfabeta: α, β, γ i δ, međusobno se razlikuju po broju i položaju metilnih skupina. Vitamin E također uključuje tokotrienole (α, β, γ i δ). Tokotrienoli imaju manju biološku aktivnost od tokoferola. Tokoferoli i tokotrienoli imaju složenu prstenastu strukturu i dugačak zasićen pobočni lanac (Slika 1.). Velike količine α-tokoferola nalaze se u orašastim plodovima, sjemenkama i biljnim uljima, a značajne količine dostupne su i u zelenom lisnatom povrću i obogaćenim žitaricama (Grčević i sur., 2011). Njegova najvažnija uloga je uloga antioksidansa, čime tijelo štiti od raznih bolesti povezanih sa oksidacijskim stresom.

Vitamin E je najvažniji liposolubilni antioksidans u stanici. Pokazalo se da je vitamin E vrlo učinkovit u prevenciji i otklanjanju različitih komplikacija bolesti zbog njegove funkcije antioksidansa, njegove uloge u protuupalnim procesima, inhibicije agregacije trombocita i aktivnosti poboljšanja imunološkog sustava. Sada je dokazano da vitamin E potiče obrambene snage tijela, pojačava humoralni i stanični imuni odgovor i povećava fagocitne funkcije.

Vitamin E je važno protuupalno sredstvo. Nekoliko promatračkih studija otkrilo je potencijalnu vezu između dodataka vitamina E i rizika od nastanka katarakte. Leske i suradnici (1991) utvrdili su da je bistrina leće bila bolja kod sudionika koji su uzimali dodatke vitamina E i onih s višom razinom vitamina u krvi. Vitamin E posjeduje antikancerogena svojstva. Njegova uloga u preventiranju kardiovaskularnih bolesti još nije u potpunosti razjašnjena (Rizvi i sur., 2014), no također se smatra da može smanjiti rizik od bolesti srca štiteći LDL od oksidacije, što je ključno u prevenciji kardiovaskularnih bolesti.



Slika 1. Kemijske strukture tokoferola i tokotrienola (Colombo, 2010)

Budući da vitamin E ima važnu ulogu u održavanju zdravlja ljudskog organizma, obogaćivanje jaja vitaminom E je poželjno. Na temelju istraživanja, obogaćivanjem jaja sa vitaminom E u koncentracijama 30, 100, 230 mg/kg, zaključeno je da povećanjem koncentracije vitamina E u smjesi, povećava se i koncentracija vitamina E u jajetu (Tablica 8.) te da se takvom hranidbom nesilica može osigurati proizvodnja funkcionalnog proizvoda koji bi čovjeku osigurao polovinu dnevnih potreba za vitaminom E u jednom jajetu (Gjorgovska i sur., 2011).

Tablica 8. Koncentracija vitamina E u žumanjku od kokoši nesilica hranjenih različitim koncentracijama vitamin E (Gjorgovska i sur., 2011)

| Koncentracija vitamina E u smjesi (mg/kg) | Koncentracija vitamina E u žumanjku (mg/100g žumanjka) | Koncentracija vitamina E u jednom žumanjku (mg) |
|---|--|---|
| 30 | 8,4 | 1,62 |
| 100 | 14,87 | 2,90 |
| 230 | 29,37 | 5,58 |

U već spomenutom radu, Leeson i Caston (2003) navode da je koncentracija vitamina E u konvencionalnom jajetu 1,32 mg, a u dizajniranom 3,76 mg.

3. Zaključak

Dizajnirana jaja, noviji pojam funkcionalne hrane, predstavlja jaja koja su obogaćena određenim nutrijentima. Obogaćivanje jaja ostvaruje se modificiranjem smjese kojom se hrane nesilice. Hrana nesilica može biti obogaćena raznim uljima, sjemenkama, vitaminima i mineralima. Dodavanjem ulja u hranu nesilica postiže se promjena sastava žumanjka te on postaje obogaćen omega-3 masnim kiselinama te se poboljšava omjer omega-3 i omega-6 masnih kiselina. Takvom promjenom sastava masti jaja, povoljno se djeluje na ljudsko zdravlje jer se dostatnim unosom omega-3 masnih kiselina smanjuje rizik od različitih bolesti. Selen, lutein i vitamin E djelovat će antioksidativno i štititi ove masti od oksidacije. U provedenim znanstvenim istraživanjima postignuto povećanje udjela selena dva do tri puta, a razina od 5,1 µg selena najveća je korištena razina koja je rezultirala stvaranjem funkcionalnog proizvoda. Povećanjem sadržaja vitamina E u smjesi rezultiralo je povećanjem vitamina E u sadržaju jaja što je dokazano znanstvenim istraživanjima, a zaključeno je da se modificiranom nesilica može osigurati proizvodnja funkcionalnog proizvoda koji bi čovjeku osigurao polovinu dnevnih potreba za vitaminom E u jednom jajetu. Sadržaj luteina u jajima može se povećati 5 do 8 puta. Jaja je osim ovim spomenutim nutrijentima moguće obogatiti i drugim, npr. vitaminom B12. Potrebno je provoditi više istraživanja u ovom području kako bi se sastav dizajniranog jaja u što većoj mjeri mogao obogatiti jer bi se stvaranjem takvog proizvoda omogućila veća zarada proizvođača, ali bi se i u još većoj mjeri moglo utjecati na smanjenje rizika od određenih bolesti pa bi i proizvođač i potrošač imali koristi.

Prema svemu navedenom, dizajnirana jaja, tj. jaja obogaćena omega-3 masnim kiselinama, selenom, luteinom i vitaminom E, trebala bi pozitivno utjecati na smanjenje pojave raznih bolesti. Naravno, samog potrošača potrebno je upoznati s pojmom dizajnirana jaja i njihovom sastavu kako bi odabirom takvog nutritivno bogatog proizvoda mogli povoljno utjecati na svoje zdravlje ili pojavu raznih bolesti. Važno je da ovakav proizvod ima dobar marketing i da su ljudi pravilno informirani kako bi se odlučili na kupovinu i konzumaciju dizajniranih jaja.

4. Literatura

Alagawany M., Farag M.R., Dhama K., Patra A. (2018) Nutritional significance and health benefits of designer eggs. *World's Poultry Science Journal* **74**: 317-330.

Bennett D.C., Cheng K.M. (2010) Selenium enrichment of table eggs. *Poultry Science*, **89**: 2166–2172.

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

Clayton Z.S., Fusco E., Kern M. (2017) Egg consumption and heart health: A Review. *Nutrition* **37**: 79-85.

Colombo M.L. (2010) An update on vitamin E, tocopherol and tocotrienol: Perspectives. *Molecules* **15**: 2103-2113.

Davis C., Bryan J., Hodgson J., Murphy K. (2015) Definition of the Mediterranean Diet: A Literature Review. *Nutrients* **7**:9139–9153.

Deckelbaum R.J., Ernst N., Fisher E., Howard B.V. , Knopp R.H., Kotchen T., Lichtenstein A.H., McGill H.C., Pearson T.A., Prewitt T.E., Stone N.J., Van Horn L., Weinberg R. (1996) Dietary guidelines for healthy american adults, a statement for health professionals from the nutrition committee, American Heart Association. *Circulation* **94**: 1795-1800.

Edens F.W., Gowdy K.M. (2004) Selenium sources and selenoproteins in practical poultry production. U: Nutritional biotechnology in the feed and food industries. Proceedings of Alltech's 20th Annual Symposium: re-imagining the feed industry, 1.izd., Lyons, T. P.; Jacques, K. A., ur., Alltech UK str. 35-57.

Galea F. (2011) Nutrition and food management and their influence on egg quality, <https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/4_nutrition_and_food_management_and_their_influence_on_egg_qualit..pdf> Pristupljeno 2. rujna 2019.

Gjorgovska N., Filev K., Chuleva B. (2011) Enriched eggs with vitamin E and selenium. *Lucrări Științifice - Seria Zootehnie* **55**: 319-323.

Grčević M., Gajčević-Kralik Z., Kralik G., Ivanković S. (2011) Kokoške jaje kao funkcionalna namirnica. *Krmiva* **53**: 93-100.

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 Nutrition* **7**: 1555-1562.

Kerep G., Škrtić Z., Kralik G., Kralik Z., Križek I., Grčević M. (2012) Lutein u hranidbi kokoši. *Krmiva* **54**: 195-203.

Kieliszek M. (2019) Selenium—fascinating microelement, properties and sources in food. *Molecules* **24**: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6480557/>> Pristupljeno 2. rujna 2019.

Kralik G., Kralik Z., Grčević M., Kralik I., Gantner V. (2018), Obogaćivanje konzumnih jaja funkcionalnim sastojcima. *Journal of Central European Agriculture* **19**: 72-82.

Kralik G., Škrtić G., Gajčević Z., Hanžek D. (2007) Utjecaj različitih ulja u hrani za nesilice na kakvoću jaja i sadržaj masnih kiselina u žumanjku jajeta. *Krmiva* **49**: 115-125.

Kralik Z., S. Jelić (2017) Dizajnirana jaja i njihova nutritivna svojstva. *Krmiva* **59**: 31-38.

Leeson S., Caston L. (2003) Vitamin Enrichment of Eggs. *The Journal of Applied Poultry Research* **12**: 24–26.

Leeson S., Caston L. (2004) Enrichment of Eggs with Lutein. *Poultry Science* **83**: 1709–1712.

Leeson S., Caston L., Namkung H. (2007) Effect of dietary lutein and flax on performance, egg composition and liver status of laying hens. *The Canadian veterinary journal* **87**: 365-372.

Leske M.C., Chylack L.T. Jr., Wu S.Y. (1991) The Lens Opacities Case-Control Study. Risk factors for cataract. *Arch Ophthalmol* **109**: 244-251.

Li-Chan E.C.Y., Hyun-Ock K. (2008) Structure and chemical composition of eggs. U: Egg bioscience and biotechnology Mine Y., ur., John Wiley & Sons, Inc str. 1-97.

Menrad K. (2003) Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering* **56**: 181–188.

Mishra V.K., Temelli F., Oraikul B. (1993) Extraction and purification of ω -3 fatty acids with an emphasis on supercritical fluid extraction—A review. *Food Research International* **26**: 217-226.

Oldfield J. E. (2002) Selenium world atlas, Selenium-Tellurium Development Association str. 31-33., 42-43.

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

Palombo P., Fabrizi G., Ruocco V., Ruocco E., Fluhr J., Richard R., Morganti P. (2007) Beneficial long-term effects of combined oral/topical antioxidant treatment with the carotenoids lutein and zeaxanthin on human skin: a double-blind, placebo-controlled study. *Skin pharmacology and physiology* **20**: 199-210.

Pappas A.C., Acamovic T., Sparks N.H.C., Surai P.F., McDevitt R.M. (2005) Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. *Poultry Science* **84**: 865–874.

Prašek M. (2004) Metabolički sindrom - osnovni principi liječenja. *Medicus* **13**: 95-102.

Pravilnik o hrani obogaćenoj nutrijentima (dodavanje vitamina, minerala i drugih tvari hrani) (2011) *Narodne novine* **112** (NN 112/2011)

Pravilnik o kakvoći jaja (2006) *Narodne novine* **115** (NN 115/2006)

Reilly, C. (1998) Selenium: A new entrant into the functional food arena. *Trends Food Science Technologies* **9**: 114–118.

Ribaya-Mercado J.D., Blumberg J.B. (2005) Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *Journal of the American College of Nutrition* **38**: 567-587.

Rizvi S., Raza S.T., Ahmed F., Ahmad A., Abbas S., Mahdi F. (2014) The role of vitamin E in human health and some diseases. *Sultan Qaboos University Medical Journal* **14**: 157-165.

Roberfroid M.B. (2000) Defining functional foods. U: Functional foods Concept to product, Gibson G. R., Williams C. M, ur., Cambridge: Woodhead Publishing Limited i CRC Press LLC str. 11-16.

Song W.O., Kerver J.M. (2000) Nutritional contribution of eggs to American diets. *Journal of the American College of Nutrition* **19**: 556S-562S.

Surai P.F., Mac Pherson A., Speake B.K, Sparks N.H (2000) Designer egg evaluation in a controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition* **54**: 298-305.

Trpčić I., Njari B., Zdolec N., Cvrtila Fleck Ž., Fumić T. (2010) Mikrobiološka kakvoća i ocjena svježine konzumnih jaja. *Meso: Prvi hrvatski časopis o mesu* **12**: 286-293.

USDA, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, USDA Food Composition Databases <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>> Pristupljeno 2. rujna 2019.

Wall R., Ross R.P., Fitzgerald G.F., Stanton C. (2010) Fatty acids from fish: the antiinflammatory potential of long-chain omega-3 fatty acids. *Nutrition Reviews* **68**: 280-289.

Wiseman M.J. (1997) Fat and fatty acids in relation to cardiovascular disease: an overview. *British Journal of Nutrition* **78**: S3-S4.

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.

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Martina Prežigalo

Martina Prežigalo