

Proizvodi od peradi kao funkcionalna hrana

Vidić, Stjepan

Professional thesis / Završni specijalistički

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:204622>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-08**



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](#)



REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Stjepan Vidić, dipl. ing.

PROIZVODI OD PERADI KAO FUNKCIONALNA HRANA

- Specijalistički rad -

Osijek, 2021.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Stjepan Vidić, dipl. ing.

PROIZVODI OD PERADI KAO FUNKCIONALNA HRANA

- Specijalistički rad -

Mentor: prof. dr. sc. Zoran Škrtić

Povjerenstvo za ocjenu:

**Prof. dr. sc. Goran Kušec, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti
Osijek, predsjednik**

**Prof. dr. sc. Zoran Škrtić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti
Osijek, mentor i član**

**Izv. prof. dr. sc. Zlata Kralik, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih
znanosti Osijek, član**

Osijek, 2021.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Specijalistički rad
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Poslijediplomski specijalistički studij
Kakvoća i sigurnost animalnih proizvoda

UDK:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Poljoprivreda
Grana: Stočarstvo

Proizvodi od peradi kao funkcionalna hrana

Stjepan Vidić, dipl. ing.

Specijalistički rad je izrađen na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Zoran Škrtić

Sve je veći broj znanstvenih tvrdnji koje podupiru tezu da određene prehrambene bioaktivne komponente imaju blagotvorne fiziološke i psihološke učinke na naš organizam. Posljednjih godina povećano je zanimanje potrošača kao i prehrambene industrije za funkcionalnu prehranu i njenu dobrobit u održavanju ljudskog zdravlja. Hrana za koju je dokazano da doprinosi ljudskom zdravlju naziva se *funkcionalna hrana*. Najvažniji funkcionalni sastojci jaja i mesa peradi su omega-3 masne kiseline, selen, vitamin E, lutein i karnozin. Stoga je cilj ovog specijalističkog rada dati kritički osvrt na ove funkcionalne sastojke u mesu i jajima peradi te dati uvid u najnovija postignuća u implementaciji istih. Sve navedeno omogućiti biti će koristan izvor informacija proizvođačima koji u svoju proizvodnju žele uključiti i proizvodnju funkcionalnih proizvoda od mesa i jaja peradi.

Broj stranica:	70
Broj slika:	6
Broj tablica/grafikona:	11/3
Broj literaturnih navoda:	145
Jezik izvornika:	hrvatski

Ključne riječi: perad, n-3 PUFA, vitamin E, lutein, kazeaksantin

Datum obrane:

Povjerenstvo za obranu:

1. **prof. dr. sc. Goran Kušec** - predsjednik
2. **prof. dr. sc. Zoran Škrtić** - mentor i član
3. **izv. prof. dr. sc. Zlata Kralik** - član

Specijalistički rad je pohranjen u:

Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

BASIC DOCUMENTATION CARD**University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek****Expert thesis****Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek****Postgraduate exper study:****Quality and Safety of Animal Products****UDK:****Scientific Area: Biotechnical Sciences****Scientific Field: Agriculture****Branch: Animal Science****Poultry products as a functional food****Stjepan Vidić, dipl. ing.**

Expert thesis performed at Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Supervisor: PhD Zoran Škrtić, Full Professor.

There is an increasing number of scientific evidences confirming the thesis that certain bioactive compounds have beneficial impact on human organism. In the last decades an increasing interest of consumers and food industry together with its benefit on human health can be observed. Food for which it is confirmed to be beneficial for human health is called functional food. Most important functional ingredients of poultry eggs and meat are omega-3-fatty acids, selenium, vitamin E, lutein and carnosine. Therefore, the aim of this thesis is to give a critical insight into these functional ingredients and the newest development in their implementation. This can serve as a good information source to producers who wish to implement into their production also the production of functional commodities made from poultry meat and eggs.

Number of pages: 70
Number of figures: 6
Number of tables/graphs: 11/3
Number of references: 145
Original in: croatian

Key words: poultry, n-3 PUFA, selenium, vitamin E, lutein, zeaxanthine

Date of the expert thesis defense:

Reviewers:

1. **PhD Goran Kušec, full professor** - president
2. **PhD Zoran Škrtić, full professor** - supervisor and member
3. **PhD Zlata Kralik, associate professor** - member

Expert thesis deposited in:

Library of Faculty of agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PERADARSKA PROIZVODNJA U SVIJETU	5
2.1. Proizvodnja i potrošnja mesa peradi.....	5
2.2. Proizvodnja i potrošnja jaja	10
3. POJAM FUNKCIONALNE HRANE.....	13
4. PROIZVODI OD PERADI KAO FUNKCIONALNA HRANA	15
5. FUNKCIONALNI SASTOJCI MESA I JAJA PERADI.....	19
5.1. Nezasićene masne kiseline	19
5.2. Selen	33
5.3. Vitamin E.....	43
5.4. Lutein i Zeksantin.....	45
6. ZAKLJUČAK	53
7. LITERATURA.....	54
8. SAŽETAK.....	69
9. SUMMARY	70
10. ŽIVOTOPIS.....	71

1. UVOD

Prehrana je jedna od temeljnih potreba ljudskoga života. Na prehrani počiva razvoj ljudske civilizacije. Počeci prehrane temeljili su se na prirodnom i fiziološkom nagonu čovjeka da pronađe dovoljnu količinu hrane. Osnovni kriterij utaživanja gladi razvojem civilizacije sve više evoluirala u biranju hrane koja se ljudima sviđa.

Na ljudsku prehranu prvenstveno su utjecali klima, tlo, kultura i socijalni aspekti života. Ti su čimbenici između ostalog utjecali na razvoj pojedinih tipova prehrane kakve danas poznajemo.

Najvažnije promjene u prehrani čovječanstva pratile su razvoj industrijske revolucije. U posljednjih 150 godina značajno je napredovala proizvodnja hrane u svim svojim segmentima počevši od poljoprivrednih aktivnosti pa sve do prerađivačkih i trgovinskih aktivnosti kako bi u konačnici došla do krajnjih potrošača čime je hrana postala dostupnija većem broju ljudi. No ipak, geografske su prilike u velikom dijelu determinirale koja će hrana gdje biti konzumirana. U nekim je krajevima priroda podarila kvalitetnije namirnice stanovništvu, dok negdje to nije bio slučaj.

Primarna uloga hrane je osigurati dovoljno hranjivih tvari kako bi se zadovoljile prehrambene potrebe pojedinca za normalan rast i razvoj te očuvanje homeostaze organizma zbog čega je vrlo važno kakvu hranu unosimo u organizam. Prehrana većine ljudi danas sadrži više energije nego što je potrebno. Treba osigurati unos hranjivih sastojaka prema potrebama vlastitog tijela, ali u umjerenim količinama.

Sve je veći broj znanstvenih tvrdnji koje podupiru tezu da određene prehrambene bioaktivne komponente imaju blagotvorne fiziološke i psihološke učinke na naš organizam. To je u početku dovelo do porasta popularnosti pravilne (često zvane i „zdrave“) prehrane, paralelno s razvojem sve preciznijih analitičkih metoda, a time i većeg razumijevanja komponenata hrane na molekularnoj razini. Analitičke metode dovele su do preokreta u percepciji kvalitete namirnica, od toga što treba umjerenije konzumirati (masti, sol, šećer, umjetni dodaci) do svjesnosti koje namirnice mogu imati pozitivan utjecaj na ljudsko zdravlje.

Posljednjih godina povećano je zanimanje potrošača kao i prehrambene industrije za funkcionalnu prehranu i njenu dobrobit u održavanju ljudskog zdravlja.

Mišljenje da zdrava i raznolika prehrana imaju veliku ulogu u sprječavanju bolesti opće je prihvaćen.

Poznato je da se još od prapovijesti hrani pripisuju ljekovita svojstva i uloga u jačanju imuniteta. U današnje vrijeme sve više se koristi brzo pripremljena hrana, što dovodi do porasta loših prehrambenih navika. U tom slučaju hrana može biti i uzrokom bolesti. Zato je važno kako se hranimo jer je hrana jedan od bitnih čimbenika u razvoju, ali i prevenciji bolesti.

"Sve što putem hrane unosimo u organizam gradi nas i mijenja, a o tome što smo unijeli ovisi naša snaga, naše zdravlje i naš život." - Hipokrat (Vezilić, 2020).

Porastom životnog standarda ljudi povećava se i njihova sklonost prema pravilnoj prehrani. Pored osnovne uloge osiguravanja dovoljnih količina hranjivih tvari, sve više se promatra i proučava pozitivan fiziološki i psihološki utjecaj hrane na zdravlje ljudi.

Osim organoleptičkih svojstava, sve se više pozornosti posvećuje i djelovanju hrane na zdravlje ljudi kao dodatnom kriteriju pri njezinom izboru. Meso i jaja predstavljaju značajnu komponentu dnevnog obroka u ljudi, a u zadnje vrijeme naglašena je tendencija porasta potrošnje mesa peradi i jaja. Zbog toga je nužno proizvesti meso i jaja koje će zadovoljiti potrošača, kako u nutritivnom tako i u zdravstvenom pogledu.

Hrana za koju je dokazano da doprinosi ljudskom zdravlju naziva se *funkcionalna hrana*. Postoji više različitih definicija funkcionalne hrane i ne postoji jedna opće prihvaćena definicija u svim dijelovima svijeta. Većina znanstvenika slaže se s tvrdnjom da funkcionalnom hranom možemo nazivati svu hranu s biološki aktivnim djelovanjem, koja pomaže očuvanju zdravlja i utječe na pojedine tjelesne funkcije.

Međutim ovdje se postavlja pitanje granice između konvencionalne, funkcionalne i organski proizvedene hrane. Stav većine znanstvenika je da je takve granice nemoguće utvrditi.

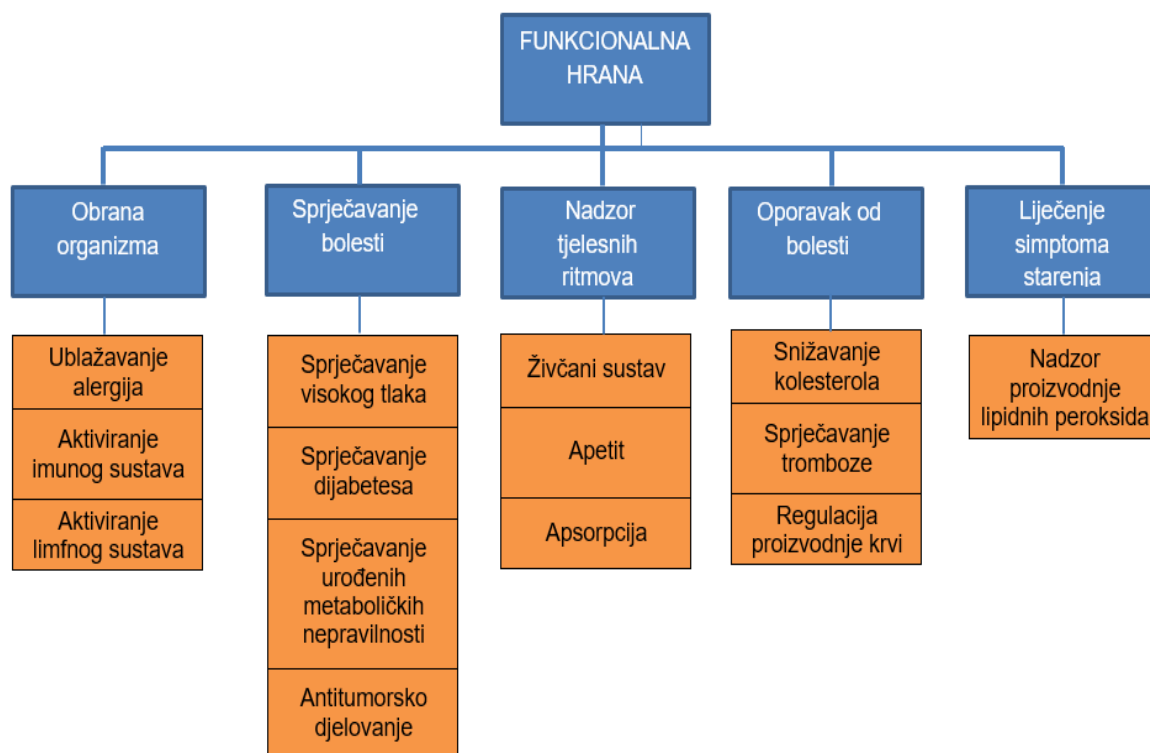
Prema Roberfroidu (2000.) hrana se može smatrati funkcionalnom samo ukoliko pored svoje osnovne nutritivne funkcije ima povoljan utjecaj na ljudsko zdravlje. Ovakvu definiciju potvrđuju i Clydesdale (2004.), Hasler i Brown (2009.) te Biltekoff (2010.).

Ideja funkcionalne hrane poznata je diljem svijeta i dio je globalnog zdravstvenog trenda s ogromnim potencijalom.

Prema Periću i sur. (2011.) funkcionalna hrana mora općenito popravljati zdravstveno stanje ljudi i smanjivati rizik od pojave bolesti.

Mandić (2007.) ističe kako se u koncept funkcionalne hrane mogu ubrojiti sljedeće:

- prirodno nutritivno vrijedna hrana,
- hrana koja je obogaćena funkcionalnim sastojcima,
- hrana iz koje su uklonjene određene tvari,
- hrana u kojoj su izmijenjena svojstva pojedinih komponenata,
- hrana u kojoj je bioraspoloživost jedne ili više komponenata modificirana,
- sve kombinacije navedenih mogućnosti.



Slika 1. Glavna područja na kojima funkcionalna hrana može utjecati ili regulirati određeni tjelesni proces i gdje su potrebni znanstveni i zakonski kriteriji da se procijeni valjanost navoda o pozitivnom učinku na zdravlje.

(Izvor: Leatherwood i sur., 1993.).

Tehnološki napredak omogućava proizvodnju hrane s manjom energetsom vrijednosti (manje kalorija), sniženog sadržaja masti i soli, s promijenjenim odnosom masnih kiselina i sl. Na taj je način moguće proizvoditi hranu za ciljane skupine potrošača.

Sve navedeno predstavlja izazove za znanstvenike u budućnosti. S ciljem da se funkcionalna hrana maksimalno koristi za dobrobit javnog zdravlja, potrebno je maksimalno povezati znanstvene spoznaje o dokazanim vezama hrane i smanjenja rizika od bolesti.

Najvažniji funkcionalni sastojci jaja i mesa peradi su n-3 ili omega-3 masne kiseline, selen, vitamin E, lutein i karnozin (Kralik i sur., 2013.).

Navedeni sastojci atraktivni su prvenstveno zbog toga što se već niz godina u razvoju funkcionalne hrane teži dizajniranju palete proizvoda za očuvanje zdravlja srca i smanjenje prekomjerne tjelesne mase, budući da su to najveći problemi modernoga načina života (Kralik i sur., 2012.).

2. PERADARSKA PROIZVODNJA U SVIJETU

2.1. Proizvodnja i potrošnja mesa peradi

Globalna proizvodnja peradi u 2019. godini povećala se na 130 milijuna tona, što iznosi 3,7 % više u odnosu na 2018. godinu (FAO, 2020.). Ukupni volumen proizvodnje peradi povećavao se prosječnom godišnjom stopom od + 3,4 % od 2009. do 2019. godine. Obrazac trenda rasta ostao je relativno stabilan tijekom analiziranog razdoblja uz primjetne slabije fluktuacije. Najbrži tempo rasta zabilježen je u 2010. godini s porastom od 4,7 % u odnosu na prethodnu godinu. Globalna proizvodnja dosegla je vrhunac 2019. godine, a očekuje se da će zadržati rast i u narednim godinama. Općenito pozitivan trend u pogledu proizvodnje bio je u velikoj mjeri uvjetovan osjetnim povećanjem broja životinja i relativno ravnomjernim trendom u brojkama prirasta.

Zemlje s najvećim količinama proizvodnje peradi u 2019. godini bile su SAD (23 milijuna tona), Kina (20 milijuna tona) i Brazil (16 milijuna tona) s kombiniranim udjelom od 45 % u globalnoj proizvodnji. Rusija, Indija, Meksiko, Indonezija, Turska, Japan, Iran, Argentina i Myanmar donekle su zaostajali, zajedno čineći dodatnih 20 %. Od 2009. do 2019. godine, najzapaženiju stopu rasta u pogledu proizvodnje peradi, među ključnim zemljama proizvođačima, postigla je Rusija, dok su ostale zemlje ostvarile skromnije povećanje rasta.

Četvrtu godinu zaredom globalno je tržište zabilježilo rast prekomorskih pošiljaka peradi, koje su se povećale za 2,2 % na 17 milijuna tona u 2019. godini. Ukupni opseg izvoza povećavao se prosječnom godišnjom stopom od + 3,3 % u razdoblju od 2009. do 2019. godine. U vrijednosnom smislu, izvoz peradi porastao je na 27,3 milijarde dolara (procjene IndeksBox-a) u 2019. godini.

Tijekom razmatranog razdoblja, globalni je izvoz dosegao maksimum od 28,5 milijardi američkih dolara u 2014. međutim, od 2015. do 2019. izvoz je niži.

Brazil (4 milijuna tona) i SAD (3,6 milijuna tona) predstavljali su glavne izvoznike peradi u 2019. godini, što je iznosilo približno 24 %, odnosno 22 % ukupnog izvoza. Slijede ih Nizozemska i Poljska (obje države s 1,5 milijuna tona), zajedno ostvarujući 18 % udjela u ukupnom izvozu.

Zapažen izvoz imale su i Belgija (509 000 tona), Turska (493 000 tona), Njemačka (473 000 tona), Francuska (398 000 tona), Ukrajina (361 000 tona), Velika Britanija (359 000 tona), Hong Kong (328 000 tona) i Tajland (295 000 tona). Od 2009. do 2019. godine najveći rast (izražen u %) zabilježen je u Ukrajini.

U vrijednosnom smislu, najveći prihod ostvarili su Brazil (6,5 milijardi USD), SAD (3,7 milijarde USD) i Poljska (2,9 milijardi USD), s udjelom od 48 % u globalnom izvozu. Slijede Nizozemska, Njemačka, Francuska, Belgija, Tajland, Turska, Ukrajina, Hong Kong i Velika Britanija, koje su zajedno ostvarile ukupno 31 % svjetskog izvoza.

Prosječna izvozna cijena peradi iznosila je 1.644 dolara po toni u 2019. godini, ostajući relativno nepromijenjena u odnosu na prethodnu godinu. Općenito, izvozna cijena i dalje pokazuje relativno stabilan obrazac trenda.

Najveća stopa rasta zabilježena je 2011. godine kada je prosječna izvozna cijena porasla za 11 % u odnosu na 2010. godinu. Globalna izvozna cijena dosegla je vrhunac na 1.893 USD po toni 2013. godine, međutim, od 2014. do 2019. godine izvozne su cijene ostale na nižoj razini. Postojale su značajne razlike u prosječnim cijenama među glavnim zemljama izvoznicama. U 2019. godini zemlja s najvišom cijenom bila je Tajland (2.683 USD po toni), dok su SAD (1.045 USD po toni) bile među najnižima. Od 2009. do 2019. godine najveću stopu rasta cijena imao je Tajland, dok su ostala zemlje imale značajnije manje stope rasta cijena.

Predviđa se da bi globalna proizvodnja mesa peradi u 2021. godini trebala porasti za 2,6 %, na 137 milijuna tona. Predviđeni porast proizvodnje uglavnom će biti posljedica nastojanja potrošača da pronađu alternativu mesu svinja i goveda. Čini se da su se potrošači vezali za perad zbog njene relativne pristupačnosti, što dovodi do skokovitih uspona i padova u proizvodnji. Međutim, izbijanje globalne pandemije uzrokovane virusom COVID-19 smanjilo je stopu rasta proizvodnje u 2020. godini.

Kina, Sjedinjene Američke Države, Brazil, Južna Afrika i Meksiko vjerojatno će najmanje osjetiti posljedice pandemije dok će stopa rasta najviše usporiti u Indiji i Europskoj uniji. U Kini se predviđa rast proizvodnje peradi i peradarskih proizvoda od oko 12%, na 26 milijuna tona, potaknut značajnim ulaganjima. Isto tako, nagli porast će se vjerojatno dogoditi u SAD-u, nakon nekoliko mjeseci stagnacije zbog slabije proizvodnje i

prerade mesa. U Brazilu se proizvodnja peradi i njihovih proizvoda povećava, iako sporijim tempom nego prethodne tri godine.

Uzrok navedenim pojavama je povećanje troškova proizvodnje peradi uslijed viših cijena kukuruza i sojinog brašna, te troškova potrebnih za provođenja protokola predviđenih za suzbijanje virusa COVID-19 u klaonicama (FAO 2020.).

Unatoč ograničenjima izazvanim zdravstvenom krizom i ekonomskom recesijom, Meksiko će povećati svoju proizvodnju zbog povećanja domaće potražnje. I u Južnoj Africi proizvodnja raste za 8 %, na oko 1,9 milijuna tona, na temelju nižih troškova stočne hrane (FAO 2020.). U Južnoj Africi površine zasijane kukuruzom bilježe povijesni maksimum.

Suprotno tome, proizvodnja mesa peradi u Indiji će najvjerojatnije pasti za oko 10 % uslijed manje potražnje i privremenih ograničenja rada zbog pandemije (FAO 2020.). Osim do pada proizvodnje vrlo je izgledno da će doći i do pada potrošnje u zadnjem tromjesečju 2020. godine i u prvom tromjesečju 2021. godine.

U Europskoj uniji smanjena je općenito prodaja hrane zbog zatvaranja škola i uslijed značajnog pada turističkih prihoda što dovodi do smanjenja potražnje, a posljedično i do smanjenja proizvodnje peradi za oko 1,6 %, na 14 milijuna tona.

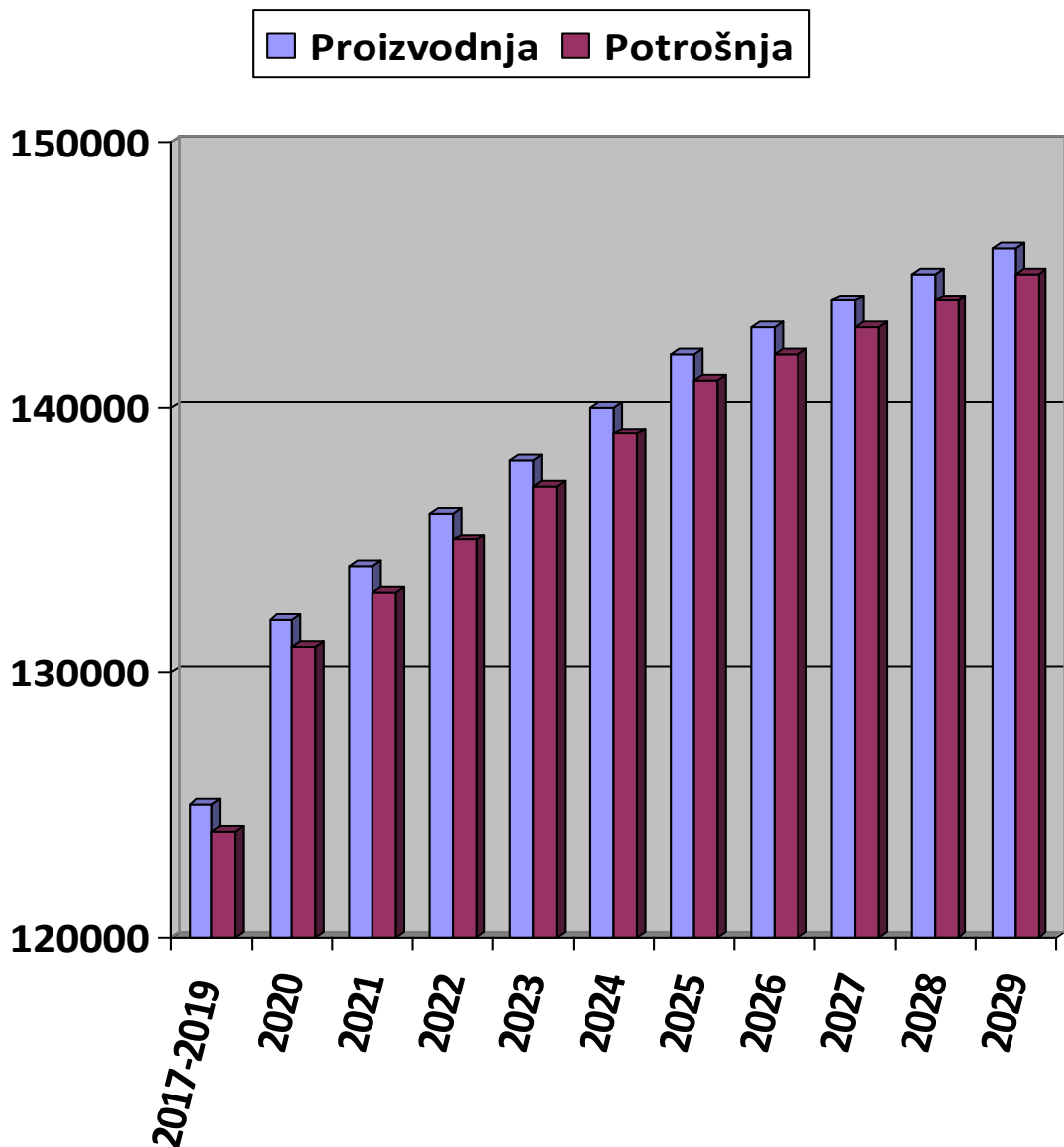
Ukupni svjetski izvoz mesa peradi u 2021. godini porasti će za 1,1 %, na 14,1 milijuna tona, uglavnom zbog kontinuiranog rasta uvoza u azijskim zemljama, posebno Kine i Vijetnama (FAO 2020.). Ove dvije zemlje bilježe povećanje potrošnje mesa peradi kako bi se zaustavio rast cijena svinjskog mesa, uzrokovane nedostatkom proizvodnje u vezi s pojavom afričke svinjske kuge (ASK).

Unatoč ograničenju uvoza zbog pandemije COVID-19 Kina je daleko najvažnije tržište na kojem bi se uvoz mogao povećati za više od 36 % (FAO 2020.). Do rujna prošle godine Kina je već premašila ukupni godišnji uvoz iz 2019. godine, što je najviše koristilo izvoznicima poput Sjedinjenih Američkim Država i Brazila.

Suprotno tome, za niz vodećih zemalja uvoznica mesa peradi, uključujući Južnu Afriku, Europsku uniju, Ujedinjene Arapske Emirate i Saudijsku Arabiju predviđa se smanjenje uvoza.

Sjedinjene Američke Države su imale velike koristi od povratka na kinesko tržište peradi 2019. godine (FAO 2020.). Brazil će vjerojatno i dalje ostati vodeći svjetski izvoznik mesa peradi, kojem se predviđa rast od 1,3 %.

Suprotno tomu, Europska unija i Tajland, vrlo vjerojatno će smanjiti izvoz. Predviđa se da će se izvoz iz Europske unije smanjiti za 5,5 %, na 1,7 milijuna tona. Nakon šest godina uzastopnog povećanja predviđa se da će isporuke s Tajlanda pasti za 1,5 % u 2021. godini. U prvih deset mjeseci 2020. godine izvoz mesa peradi s Tajlanda bilježi pad od 2,7 % u odnosu na isto razdoblje 2019. godine. (FAO 2020.).



Grafikon 1. Projekcija globalne proizvodnje i potrošnje mesa peradi do 2029. u metričkim tonama. (Izvor: Poultrytrends 2020.).

Tablica 1. Globalna proizvodnja mesa peradi u tonama. (Izvor: FAO, prosinac 2020.).

	2019. godina	2020. godina
AZIJA	50974	53730
Kina	23550	26280
Indija	3873	3496
Indonezija	2653	2611
Tajland	1853	1825
Turska	2209	2273
AFRIKA	6114	6273
Južno-afrička Republika	1746	1889
SREDNJA AMERIKA	5215	5363
Meksiko	3488	3613
JUŽNA AMERIKA	23790	23993
Argentina	2221	2241
Brazil	15885	16081
SJEVERNA AMERIKA	24478	24809
Kanada	1511	1467
SAD	22967	23342
EUROPA	21521	21394
EU	14637	14403
Ruska federacija	4548	4575
OCEANIJA	1523	1557
Australija	1250	1284
Novi Zeland	223	221
SVIJET	133615	137118

2.2. Proizvodnja i potrošnja jaja

Tijekom posljednjih deset godina globalna proizvodnja jaja zabilježila je impresivan rast. Prema podacima FAO-a (2020.) Prema istom izvoru ukupna proizvodnja jaja porasla je sa 61,7 milijuna tona u 2008. godini na 76,7 milijuna tona u 2018. godini, što predstavlja porast od 24 % u deset godina.

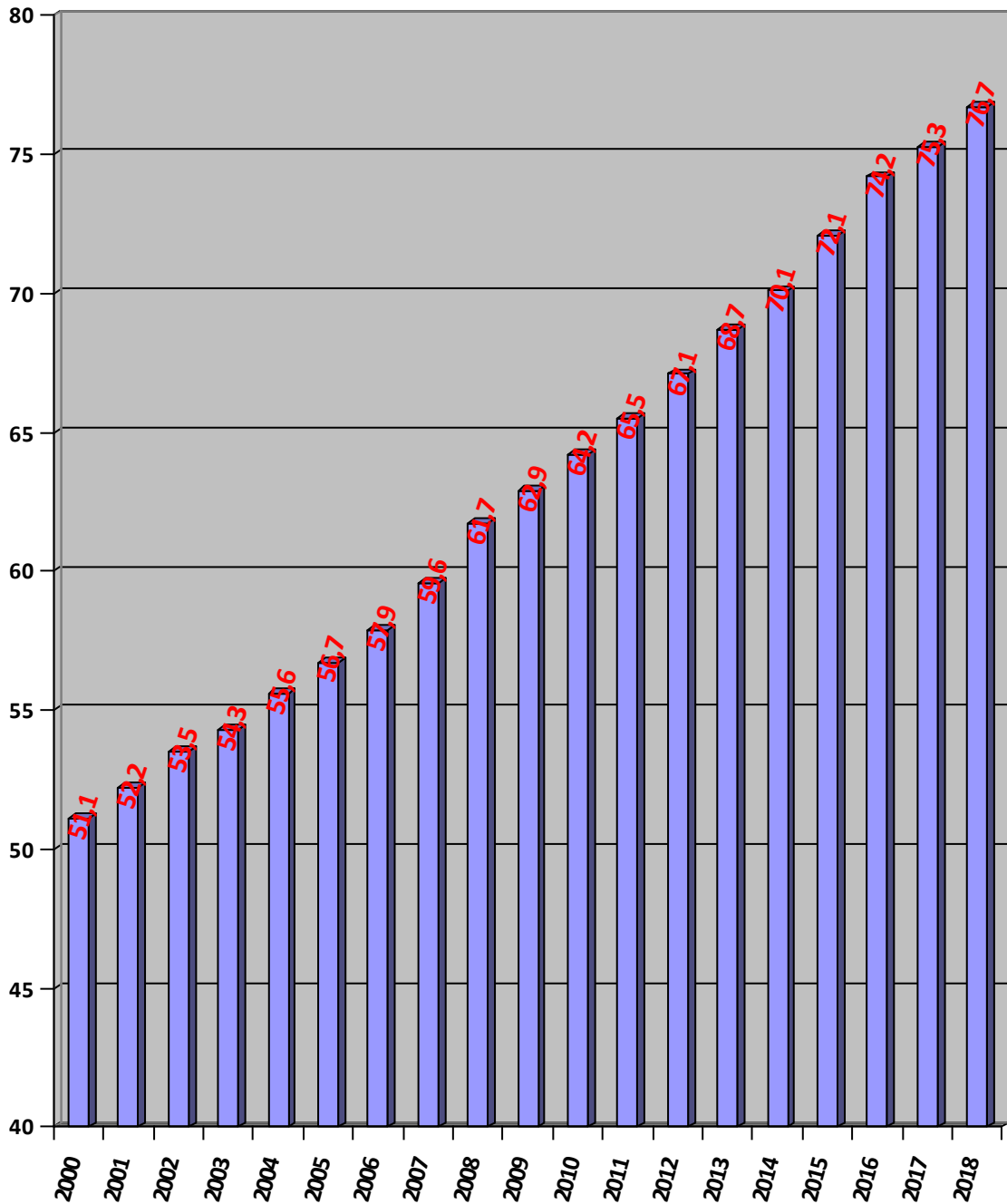
Kina je u 2018. godini proizvela 466 milijardi jaja (34 % svjetske proizvodnje), što je čini najvećim proizvođačem. Nakon Kine slijede EU, SAD i Indija, koje proizvode gotovo 60 % od ukupne svjetske proizvodnje jaja.

Ekonomska vrijednost sektora proizvodnje jaja je ogromna. Prema podacima FAO-a (2020.) približno šest milijardi nesilica, u uzgoju i proizvodnji, proizvodi godišnje oko 76,7 milijuna tona jaja.

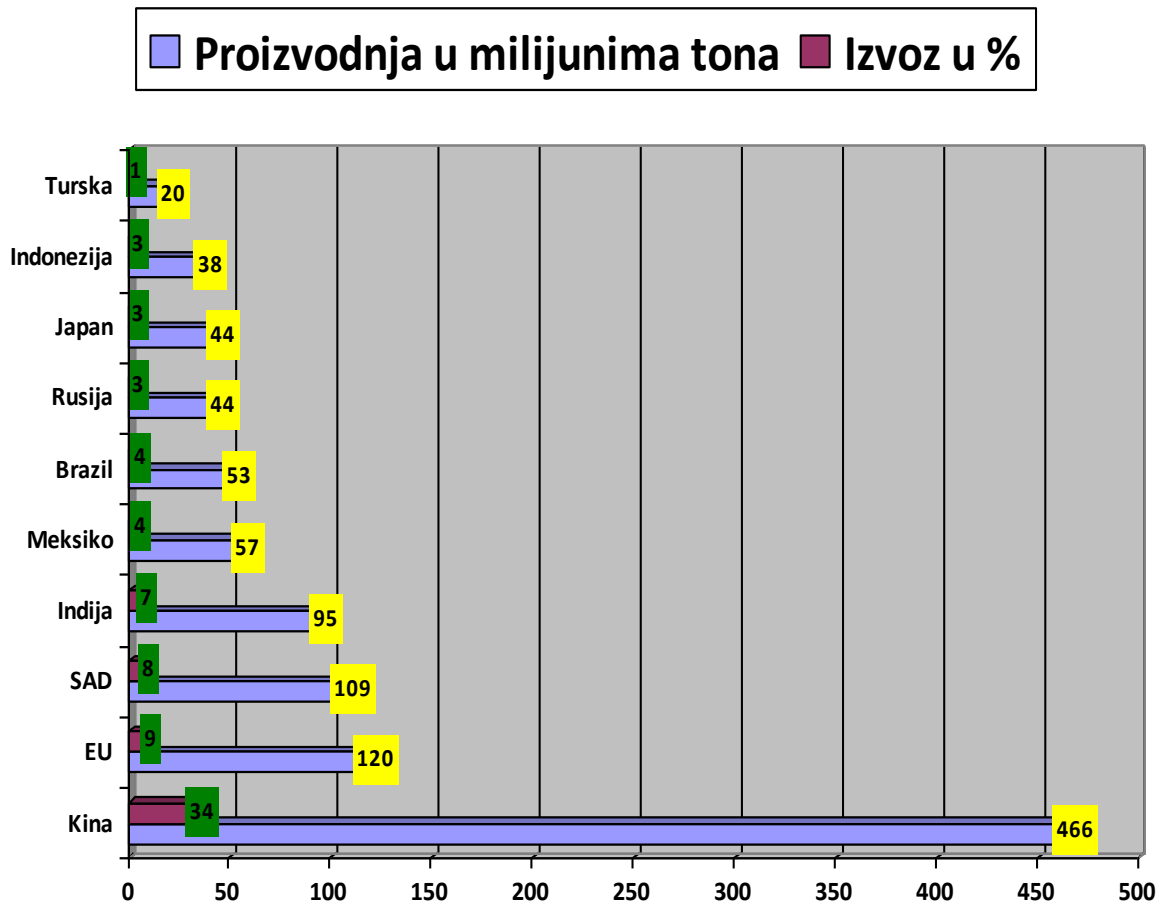
Prosječni godišnji porast globalne proizvodnje jaja bio je za 2,2 % kad se promatra vremensko razdoblje od 2009.-2018. godine. Prosječna godišnja stopa rasta ljudske populacije smanjila se s 1,223 u 2009. na 1,104 u 2018. godini. Navedene brojke ukazuju na činjenicu kako se prosječna potrošnja jaja po glavi stanovnika povećala tijekom proteklog desetljeća (FAO 2019.).

Postoje velike razlike u potrošnji jaja između pojedinih zemalja. Kada se ukupna svjetska proizvodnja jaja u 2018. podijeli s ukupnom svjetskom populacijom od 7,6 milijardi ljudi, prosječna potrošnja iznosi 161 jaje po osobi godišnje. Prema podacima IEC-a za 2018. godinu ističe se razlika između zemalja s visokom potrošnjom jaja po glavi stanovnika kao npr. u Meksiku (368 jaja) i Japanu (337) i onih s manjom potrošnjom kao npr. u Južnoj Africi (130). Zemlje s velikom populacijom prilično se razlikuju u potrošnji jaja, npr. u Kini se troši 255 jaja, a u Indiji samo 76 jaja po glavi stanovnika. Prosjek EU iznosi 210 jaja po osobi godišnje, iako se podaci o potrošnji u EU razlikuju od visoke u Španjolskoj (273 jaja) i Danske (248) do niže razine u Poljskoj (145 jaja) i Portugalu (146 jaja) (IEC 2020.).

Jaja su relativno pristupačna u većini država u svijetu, bogata su s mnogim lako probavljivim hranjivim sastojcima (bjelančevine, vitamini, minerali) te ih se s pravom može nazvati „super namirnicom“.



Grafikon 2. Prikaz razvoja globalne proizvodnje jaja u razdoblju od 2000. do 2018. godine u milijunima tona. (Izvor: FAO, baze podataka, 2019.)



Grafikon 3. Najveći globalni proizvođači jaja.

(Izvor: FAO, baze podataka, 2019.)

Tablica 2. Prognoza za tržište jaja u Europskoj uniji do 2030. godine.

(Izvor: EC, 2019.).

	2015	2018	2020	2025	2030
Proizvodnja (1000 t)	6695	6940	7144	7418	7674
Ukupna potrošnja (1000 t)	6438	6734	6909	7153	7380
Potrošnja jaja po stanovniku (kg)	12,6	13,1	13,4	13,9	14,3

3. POJAM FUNKCIONALNE HRANE

Važan dio zdravog načina života je, kako je već istaknuto, pravilna („zdrava“) prehrana. Hrana je svakodnevna potreba i vrlo je važno kakvu hranu, koliko i kada je unosimo u organizam. Znanost o prehrani ne bavi se više samo osiguravanjem odgovarajuće prehrane i izbjegavanjem pothranjenosti i nedostatka hranjivih tvari u hrani, već se kreće u smjeru otkrivanja biološki aktivnih tvari u hrani koje imaju sposobnost poboljšanja zdravlja i smanjenja rizika od nastanka bolesti.

Činjenica kako hrana ima pozitivan učinak na zdravlje u posljednjih je nekoliko godina utjecala na stvaranje i razvoj pojma funkcionalna hrana.

Pojam funkcionalne hrane nastao je u Japanu 80-ih godina prošlog stoljeća kao posljedica zabrinutosti japanske vlade radi povećanja broja stanovništva treće dobi (poznato je da su Japanci najdugovječniji narod na Zemlji), što je rezultiralo i povećanjem troškova zdravstvene zaštite. Kako bi smanjili troškove, stvoren je sustav obogaćivanja hrane sastojcima koji pozitivno djeluju na jednu ili više ciljanih funkcija u tijelu.

Japan je prva zemlja koja je funkcionalnu hranu definirala zakonskim propisima kao hranu koja dokazano djeluje povoljno na zdravlje ljudi i dobiva oznaku FOSHU (Foods for Specified Health Use) i njihovo odobrenje i uporaba na tržištu pod nadzorom su Ministarstva zdravstva (Functional Foods, The European Food Information Council, 06./2006.)

“Različita znanstvena istraživanja pokazala su da konzumiranje hrane koja sadrži funkcionalne sastojke (bilo da se prirodno nalaze u hrani ili da je namirnica nekim tehnološkim postupkom obogaćena funkcionalnim sastojkom) ima pozitivan utjecaj na očuvanje zdravlja i smanjenje rizika od nastanka raznih bolesti. Tijekom godina ulažu se sve veći naponi u smjeru obogaćivanja hrane funkcionalnim sastojcima s ciljem prevencije bolesti i poboljšanja zdravlja te posljedično smanjenja zdravstvenih troškova” (Kralik i sur., 2010.).

Funkcionalna hrana je zanimljiva i s ekonomskog aspekta jer otvara mogućnost proizvođačima da u svoj asortiman uvedu i nove proizvode.

Osnovna je pretpostavka kako su potrošači za funkcionalne proizvode spremni platiti i veću cijenu u odnosu na konvencionalne.

Funkcionalna hrana je ona koja sadrži bioaktivne sastojke za koje je znanstveno utvrđeno da imaju povoljno djelovanje, a čijom se dužom konzumacijom može utjecati preventivno ili terapijski na različite aspekte zdravlja ljudi. Funkcionalna hrana mora imati povećan sadržaj tvari koje pozitivno utječu na zdravlje ljudi, a ako ih prirodno ne sadrži u dovoljnoj količini mora se dodatno obogatiti i tada postaje proizvod posebne kvalitete i može se definirati kao funkcionalna hrana.

Prema FUFOSSE programu Europske komisije ne postoji točno određena definicija funkcionalne hrane već je uvedena tzv. „radna“ definicija prema kojoj se hrana može smatrati funkcionalnom: *„ako se pokazalo da korisno utječe na jednu ili više ciljanih funkcija organizma, pored odgovarajućih nutritivnih učinaka, na način koji je važan za poboljšanje zdravstvenog stanja i/ili smanjenje rizika razvoja bolesti“*.

Funkcionalna hrana mora ostati hrana i mora pokazati djelovanje u količinama koje se normalno konzumiraju u prehrani; nije u obliku tableta ili kapsula, već dio uobičajene prehrane. Funkcionalna hrana može biti prirodna hrana, hrana kojoj je dodan određeni sastojak ili hrana iz koje je određeni sastojak uklonjen tehnološkim ili biotehnološkim postupkom.

To također može biti hrana u kojoj je osobina jedne ili više komponenata izmijenjena, ili hrana u kojoj je promijenjena biodostupnost jednog ili više sastojaka, ili bilo koja kombinacija navedenih mogućnosti.

Funkcionalna hrana može biti funkcionalna za sve pojedince ili za određene skupine stanovništva, koje bi se mogle definirati npr. „prema dobi ili genetskoj pozadini“ (Dipplock i sur., 1999.).

Osim da utaži glad ili da osigura ljudskom organizmu neophodne hranjive tvari namjena funkcionalne hrane je također i da utječe na sprječavanje bolesti te poboljša fizičko i psihičko stanje čovjeka. Konzumacijom funkcionalne hrane potrošač može očekivati zdravstvenu korist.

4. PROIZVODI OD PERADI KAO FUNKCIONALNA HRANA

Posljednjih godina ljudi postaju svjesniji utjecaja hrane na zdravlje. Posljedično tome sve je veći interes za hranu koju konzumiraju, a tako i za kvalitetu mesa peradi i jaja.

Potrošači brinu o sigurnosti i kvaliteti hrane, tj. preferiraju onu hranu bez sastojaka koji negativno utječu na njihovo zdravlje (mikroorganizmi, mikotoksini, pesticidi, antibiotici itd.).

Osim navedenoga potrošači pokazuju poseban interes za proizvode od peradi koji imaju smanjeni sadržaj tvari koje mogu predstavljati rizik za ljudsko zdravlje, kao što su meso i jaja peradi sa smanjenim udjelom masti i kolesterola.

Potrošači također očekuju dodatnu korist obogaćivanjem mesa i jaja tvarima korisnim za njihovo zdravlje. Pojam „dizajnirana hrana“ odnosi se na hranu koja je dizajnirana tako da, osim hranjive vrijednosti, pozitivno utječe na zdravlje. „Dizajnirana hrana“, „funkcionalna hrana“ i „obogaćena hrana“ predstavljaju sinonime. Goodrow i sur. (2006.) su definirali funkcionalnu hranu kao hranu koja sadrži aktivne sastojke s pozitivnim utjecajem na fiziološke procese te ima blagotvorne učinke na ljudsko zdravlje jer smanjuje rizik od pojave raznih bolesti. Mogućnosti da se jaja i meso peradi koriste kao funkcionalni proizvodi izuzetno su velike.

Dizajnirana jaja moguće je proizvoditi poticanjem metaboličkih promjena kod nesilica što tada rezultira sintezom novih spojeva u jajetu, promjenom karakteristika membranskog transporta kako bi olakšali kretanje spojeva iz krvotoka u jaje te hranidbom kokoši kako bi se povećala razina željenih spojeva. Pri tomu svakako treba uzeti u obzir učinkovitost prijenosa hranjivih sastojaka iz hrane u jaje, dostupnost komercijalnih izvora hranjivih tvari, moguće toksične učinke određenih sastojaka (npr. vitamini A i D otrovni su za piliće u visokim koncentracijama) i moguće interakcije s drugim hranjivim sastojcima jajeta.

U dizajniranim jajima omjer n-6/n-3 PUFA smanjen je s 20:1 u jajima konvencionalno hranjenih nesilica na oko 1,5:1 (Kralik i Jelić, 2017.). Smanjenje omjera n-6/n-3 PUFA na 4:1 ili uže bitno je za pravilnu prehranu (Kralik i Jelić, 2017.).

Brojnim istraživanjima utvrđeno je kako konzumacija dizajniranih jaja i mesa peradi povoljno utječe na smanjivanje razine triglicerida u plazmi, snižava krvni tlak,

smanjuje agregaciju trombocita, trombozu i aterosklerozu (osobito kod dijabetičara), smanjuje rast tumora, sprječava nastanak kožnih bolesti, suzbija upalne procese i jača imuniteta (Hu i sur., 1999.; Katz i sur., 2005.; Spence i sur., 2010.; Tan i sur., 2014.).

Miranda i sur. (2015.) smatraju da bi dnevni unos n-3 PUFA trebao biti između 1000 i 2000 mg dnevno, od kojih bi barem 200 mg dnevno trebalo dolaziti iz dokozaheksaenske kiseline (DHA). Zbog razlika u biološkoj učinkovitosti, potrebno je desetak puta više alfa-linolenske kiseline (ALA) kako bi se postigao sličan efekt kao što ga ostvaruju eikozapentaenska kiselina (EPA) i DHA. Iz tog razloga, Europska komisija nalaže (2010.) da se hrana koja sadrži najmanje 0,3 g ALA na 100 g i na 100 kcal, ili najmanje 40 mg EPA + DHA na 100 g i 100 kcal treba označavati kao „izvor omega-3 masnih kiselina“, dok se hrana koja sadrži najmanje 0,6 g ALA na 100 g i 100 kcal, ili najmanje 80 mg EPA + DHA na 100 g i 100 kcal treba označavati kao hrana „s visokim udjelom omega-3 masnih kiselina“.

Nedavna istraživanja pokazala su kako konzumacija luteina i zeaksantina može značajno smanjiti rizik od degenerativne makularne degeneracije (AMD), vodećeg uzroka sljepoće kod ljudi starijih od 65 godina. Uz to, manja je vjerojatnost i pojave katarakte (Miranda i sur., 2015.).

Makularna degeneracija vodeći je uzrok sljepoće u razvijenim zemljama, što rezultira progresivnim i nepovratnim gubitkom vida u središnjoj regiji oka. Do danas je najučinkovitija prevencija tog problema povećanje unosa luteina, koji se nakuplja u makularnom području oka i čini se da pomaže u prevenciji takve sljepoće (Leeson i Caston, 2004.).

Selen sudjeluje u brojnim biološkim funkcijama, osobito u maksimalizaciji aktivnosti glutation-peroksidaze u plazmi, štiteći endotelijski epitel arterija, izbjegavanje stvaranja ateroma i održavanje integriteta staničnih membrana, pridonoseći smanjenju raka dojke, prostate i kolorektalnog karcinoma. Za ostale vrste karcinoma selen ima zaštitnu ulogu u ranim fazama bolesti (Bertechini i Mazzuco, 2013).

Meso peradi je dobar izvor bjelančevina, vitamina i minerala poput vitamina B 12, željeza, selen i cinka. Prednost mesa pilića i pura u odnosu na meso drugih vrsta domaćih životinja je činjenica da polovicu masti iz pilećeg mesa čine poželjne mononezasićene masti, a samo jedna trećinu čine manje poželjnih zasićenih masti (Kralik i Jelić, 2017.).

Nadalje pileće meso ne sadrži trans-masti koje mogu pogodovati nastanku koronarnih bolesti kod ljudi. Piletina je hrana bogata visokokvalitetnim bjelančevinama. Meso peradi bez kože, npr. piletina, ima manje ukupnih i zasićenih masti nego većina ostalog mesa (npr. meso preživača i svinjsko meso). Dobar je izvor nekoliko vitamina, uključujući niacin ili vitamin B3, pantotensku kiselinu ili vitamin B5 te vitamin B6 (Workouts Empire, 2021.).

Niacin je neophodan za energetske metabolizam, posebno za pretvaranje ugljikohidrata u energiju koju stanice mogu koristiti. Ostale funkcije niacina uključuju proizvodnju kolesterola i masnih kiselina. Pantotenska kiselina pomaže metabolizmu energije, poput većine vitamina iz B skupine, pretvarajući ugljikohidrate i masti u korisnu energiju za tjelesne stanice. Ostale funkcije ovog esencijalnog hranjivog sastojka uključuju održavanje pravilnog rada nadbubrežnih žlijezda, osiguravanje odgovarajuće proizvodnje zdravih masti u stanicama i doprinosi zdravoj kosi, koži i noktima (Linus Pauling institut, 2018.).

Meso peradi općenito jedan su od najboljih izvora vitamina B6. Vitamin B6 obavlja mnoge važne funkcije u ljudskom tijelu. Potreban je za sintezu neurotransmitera ili kemijskih glasnika u mozgu, kao i za stvaranje crvenih krvnih stanica. Vitamin B6 neophodan je za pretvaranje uskladištene energije u obliku glikogena u jetri i mišićima u glukozu za lako dostupnu energiju. Uz to vitamin B6 pomaže u razgradnji proteina i održava živčani sustav zdravim (Workouts Empire, 2021.).

Meso peradi bogato je s n-3 PUFA i važan je izvor esencijalnih polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) (Kralik i sur., 2002.). Meso peradi može se obogatiti s nekoliko važnih hranjivih sastojaka poput selena čiji nedostatak postaje sve rašireniji kod ljudi zato što je sve manje selena u tlu zbog intenzivne poljoprivrede te hrana dobivena s takvih polja sadrži sve manje selena (Kralik i sur., 2019.).

Tablica 3. *Nutritivne vrijednosti mesa brojlera s kožom**(Izvor: USDA National Nutrient Database, Standard Reference, 2012.).*

Nutritijent	Jedinica	Vrijednost/ 100g	Vrijednost/ 85,0g	Komad 276,0g
Voda	g	65,99	56,09	182,13
Energija	Kcal	215	183	593
Protein	g	18,6	15,81	51,34
Ukupne masti	g	15,06	12,8	41,57
Ugljikohidrati	g	0	0	0
Vlakna	g	0	0	0
Minerali				
Kalcij, Ca	mg	11	9	30
Željezo, Fe	mg	0,9	0,77	2,48
Magnezij, Mg	mg	20	17	55
Fosfor, P	mg	147	125	406
Kalij, K	mg	189	161	522
Natrij, Na	mg	70	60	193
Cink, Zn	mg	1,31	1,11	3,62
Vitamini				
Vitamin C	mg	1,6	1,4	4,4
Tiamin	mg	0,06	0,051	0,166
Riboflavin	mg	0,12	0,102	0,331
Niacin	mg	6,801	5,781	18,771
Vitamin B-6	mg	0,35	0,297	0,966
Folna kiselina, B-9	µg	6	5	17
Vitamin B-12	µg	0,31	0,26	0,86
Vitamin A,	µg	41	35	113
Vitamin A, IU	IU	140	119	386
Vitamin E (alpha-tocopherol)	mg	0,3	0,26	0,83
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,2	0,2	0,6
Vitamin D	IU	10	8	28
Vitamin K (phylloquinone)	µg	1,5	1,3	4,1
Lipidi				
Masne kiseline, zasićene	g	4,31	3,663	11,896
Masne kiseline MUFA	g	6,24	5,304	17,222
Masne kiseline PUFA	g	3,23	2,746	8,915
Masne kiseline trans	g	0,097	0,082	0,268
Kolesterol	mg	75	64	207

5. FUNKCIONALNI SASTOJCI MESA I JAJA PERADI

5.1. Nezasićene masne kiseline

Polinezasićene masne kiseline (PUFA-od eng. Polyunsaturated Fatty Acid) esencijalne su za ljude, a budući se ne mogu sintetizirati u organizmu, moraju se dobivati putem hrane. One sudjeluju u obavljanju značajnih bioloških funkcija u tijelu i vrlo su korisne u prevenciji bolesti krvožilnog sustava i inflamatornih bolesti (Barlow i Pike, 1991.; Wood i sur., 1999.). Dijele se na n-6 (omega-6) PUFA i n-3 (omega-3) PUFA kiseline.

a) n-6 PUFA uključuju sljedeće masne kiseline:

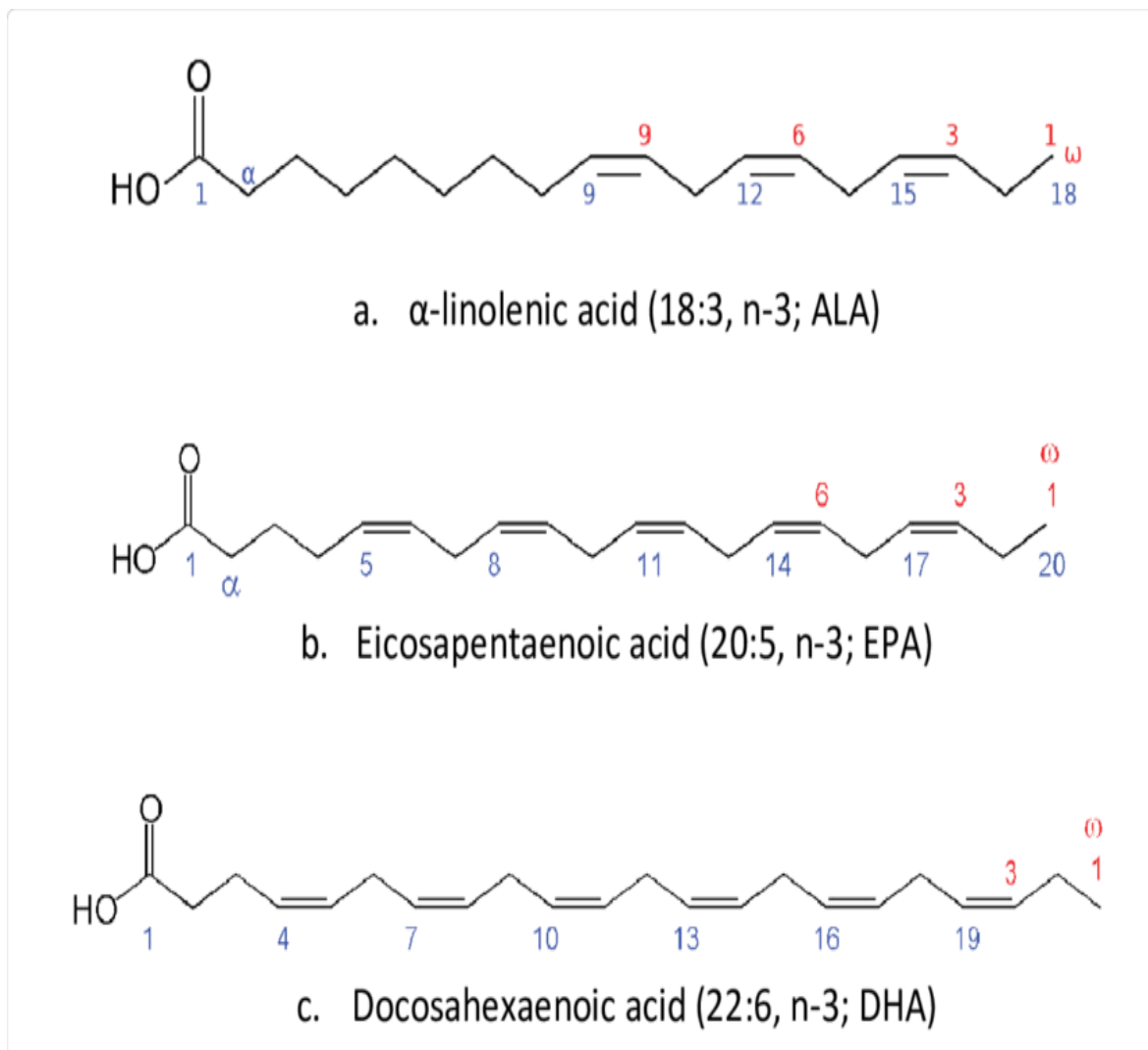
- linolna (LA C18:2, n-6),
- gama linolenska (GLNA C18:3, n-6),
- dihomogama linolenska (DGLNA C20:3, n-6) te
- arahidonska (AA C20:4, n-6),

b) n-3 PUFA uključuju sljedeće masne kiseline:

- alfa linolenska (α LNA C18:3, n-3),
- eikozapentaenska (EPA, C20:5, n-3) te
- dokozaheksaenska (DHA, C22:6, n-3).

Potrebe organizma za ovim esencijalnim kiselinama su male, a njihov značaj je u održavanju funkcije mozga i retine te su odgovorne za rast i reprodukciju (Bender i Krstev, 2008). Linolna kiselina (LA) se u životinjskom organizmu elongira u arahidonsku (AA), a linolenska (α LNA) u EPA i DHA u biljkama i nižim organizmima.

Ne postoji mogućnost međusobne konverzije n-6 PUFA i n-3 PUFA. Budući da ove kiseline u organizam mogu dospjeti isključivo putem hrane, moguće je utjecati na promjenu njihovog sadržaja u tkivima, a u cilju smanjenja omjera n-6/n-3 PUFA (Bender i Krstev, 2008.). Modificiranje sadržaja n-3 PUFA u mesu životinja sve se više nameće kao potreba, budući da tako obogaćeno meso konzumenti preferiraju, kako sa zdravstvenog, tako i s nutritivnog aspekta. (Kralik i sur., 2002.).



Slika 2. Prikaz EPA/DHA i ALA kiselina

(Izvor: <http://www.fatsoflife.com/pufa-december>)

Na slici 2. prikazan je kemijski sastav najzastupljenijih n-3 PUFA. Iako strukturno n-6 i n-3 PUFA izgledaju slično, njihovo djelovanje u organizmu je zapravo potpuno antagonistično. Nusprodukti razgradnje n-6 PUFA uzrokuju razne upalne procese, utječu na izgradnju malignih stanica, mogu utjecati na stvaranje krvnih ugrušaka i slično (Karolyi, 2007.).

Nusprodukti razgradnje n-3 PUFA djeluju potpuno suprotno. Imaju antitrombotičan, protuupalni i vazodilatativan učinak. Smanjuju mogućnost nastanka srčanog infarkta i moždanog udara svojim povoljnim učinkom na stijenke krvnih žila. Sudjeluju u regulaciji razine kolesterola u krvi i krvnog tlaka. Sprječavaju nastanak i ublažuju simptome raznih bolesti kao što su razne bakterijske i virusne upale, bronhijalne

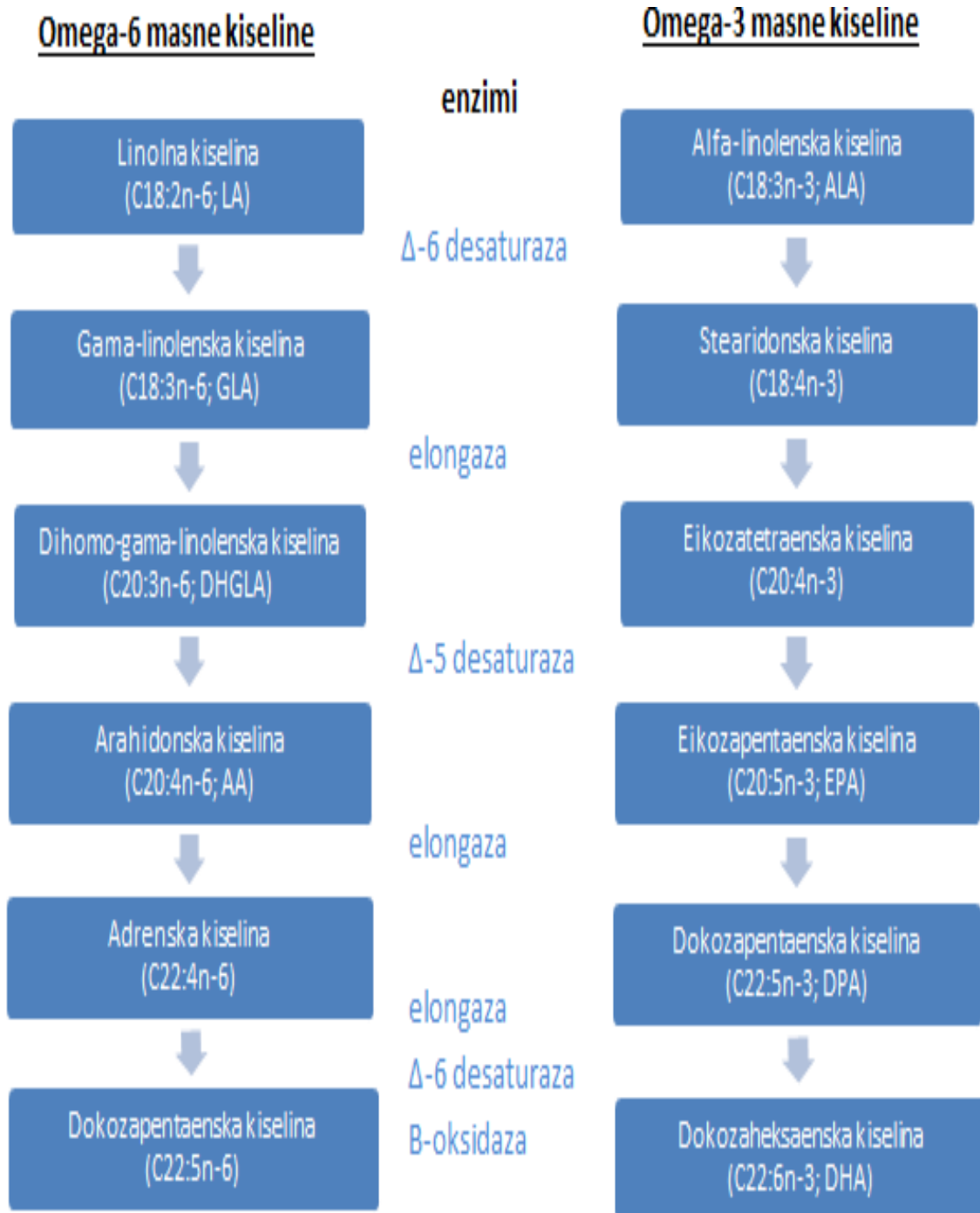
astme, bronhitisi, ulcerozni kolitis, reumatoidni artritis, kožni ekcemi, Chronova bolest, neurodermatitis, psorijaza i slično (Karolyi, 2007.).

Promatrajući biokemijski i nutricionistički samo su linolna (C18:2n-6, n-6 PUFA) i α -linolenska (C18:3n-3, n-3 PUFA) esencijalne masne kiseline (Russo, 2009.). Linolna metabolira u arahidonsku (20:4 n-6 PUFA) i dalje u dokozapentaensku masnu kiselinu (DPA; C20:5 n-6 PUFA), a α -linolenska u eikozapentaensku (EPA; C20:5 n-3 PUFA) i dokozaheksaensku (DHA; C22:6 n-3 PUFA) masnu kiselinu povećavajući dužinu lanca i stupanj nezasićenosti, dodavanjem dodatnih dvostrukih veza na karboksilni završetak molekula masnih kiselina (Simopoulos, 2009.).

Postoji konkurencija između n-6 i n-3 PUFA za enzime desaturacije. Ipak, obje delta-5 i delta-6 desaturaze preferiraju n-3 PUFA u odnosu na n-6 PUFA, međutim taj proces je spor i ometen visokim unosom linolne kiseline, a što je tipično za prehranu u razvijenim zemljama. Zbog svega toga, veoma je bitno da n-6 i n-3 PUFA uzimaju u pravilnom omjeru, što bližem 1:1 (Simopoulos, 2009.). Trans-masne kiseline također ometaju desaturaciju i izduženje linolne i α -linolenske kiseline. Delta-6 desaturaza je ograničavajući enzim, i postoje neki dokazi da se smanjuje sa godinama (De Gómez Dumm i Brenner, 1975.).

Početak dvadesetog stoljeća provedena su istraživanja na različitim populacijama ljudi glede učestalosti obolijevanja od kardio-vaskularnih bolesti. Utvrđeno je da je najmanja učestalost obolijevanja od kardio-vaskularnih bolesti kod Eskima. Smatra se da je razlog tomu upravo konzumacija velikih količina ribljeg mesa i masnoća koje su bogate n-3 PUFA. (Simopoulos, 2009.).

Smatra se da je velik dio danas poznatih bolesti uzrokovan suvremenim načinom života, odnosno suvremenom prehranom. U dalekoj povijesti ljudi su živjeli uz more i hranili se velikim količinama ribe ili su živjeli na planinama i hranili se velikim količinama zelenih biljaka koje su bogate alfa linolnom kiselinom. Suprotno tome, moderna prehrana je bogatija sa n-6 PUFA iz životinjskih bjelančevina i posebno iz ulja dobivenih iz zrna suvremenih uljarica, poput suncokreta, pa se procjenjuje da je danas PUFA n-6/n-3 omjer u njima od 8:1 pa čak 20:1 (Simopoulos, 2009.).



Slika 3. *Sinteza polinezasićenih masnih kiselina (Holub, 2002.).*

Modernizacija i intenzivni uzgoj životinja koje se hrane žitaricama bogatim PUFA, prije svega linolnom kiselinom, dovela je do poremećaja odnosa n-6 i n-3 PUFA u mesu tovljenih životinja (svinja, peradi i riba) te jajima kokoši nesilica. Ovakav način hranidbe životinja povećao je omjer n-6/n-3 PUFA sa 1-2:1 na 15-20:1, što se manifestiralo porastom tipičnih bolesti modernog doba (Simopoulos, 2009.).

U biljkama je više raspoređena n-6 PUFA nego n-3 PUFA. Životinje, koje su višlje na evolucijskoj skali sisara ne mogu prevesti n-6 PUFA u n-3 PUFA. Ljudi mogu dodati dvostruke veze i produžiti alfa linolnu kiselinu u eikosanopentensku kiselinu i dokosahekasensku kiselinu, ali samo kada je n-6/n-3 PUFA odnos nizak. Visak omega-6 masnih kiselina u hrani sprječava konverziju alfa linolne kiseline u dužu eikosapentensku kiselinu i DHA oblike (Jašić, 2010.).

n-3 PUFA sintetiziraju prostaglandine 1 i 3, tvari slične hormonima, koji kontroliraju niz procesa u tijelu kao što su rad srca, bubrega, jetre, stvaranje eritrocita u koštanoj srži i slično (Jašić, 2010.). Prostaglandina ima 6 vrsta, a 1 i 3 između ostalog djeluju i protuupalno. To su specijalni kemijski "glasnici" koje koriste sva tkiva u organizmu.

Nedostatak n-6 PUFA također ima kliničke implikacije, uključujući poremećaj rasta, rane na koži, smanjenje reproduktivnih sposobnosti, masnu jetru i poldipsiju. Nadalje, prehrana bez masti može dovesti do nedostatka esencijalnih PUFA i eventualne smrti (Jašić, 2010.).

Ljudskom organizmu nužno su neophodne i n-6 i n-3 PUFA. Ključan je njihov omjer. Najbolje istražene preporuke u svijetu su došle iz *Radionice na esencionalnosti i preporuci prehranbenog unosa n-6 i n-3 PUFA*, koju je vodio Američki Nacionalni zdravstveni institut 1999. godine. Ova radionica na čelu s Artemisom Simopoulosom, jednim od vodećih stručnjaka u ovom području, došla je do zaključka da najmanje 2 %, i ne više od 3% svih kalorija treba biti iz linolne (n-6 PUFA) kiseline te da 1% od svih kalorija treba biti iz alfa linolenske (n-3 PUFA) kiseline. Također se preporučuje kako 0,1% svih kalorija treba biti podrijetlom od EPA, i isto toliko (0,1 %) podrijetlom iz DHA (Jašić, 2010.).

Glavni izvori n-6 PUFA su suncokretovo, kukuruzno i sezamovo ulje, dok su glavni izvori n-3 PUFA ulja morskih riba i to skuše, incuna, tune i haringe, kao i ulja sjemena lana, konoplje, chia i sličnih orašastih plodova (Marković i sur., 2014.).

Tablica 4. Sadržaj α -linolenske kiseline u pojedinim namirnicama (Izvor: USDA, 2013.)

Namirnica	Količina α-linolenske kiseline u 1 žlici namirnice (g)
Maslinovo ulje	0,1
Orasi	0,7
Sojino ulje	0,9
Kanola ulje	1,3
Orahovo ulje	1,4
Lanene sjemenke	2,2
Laneno ulje	8,5

Istraživanjem je potvrđeno kako se dodavanjem krmiva bogatih s n-3 PUFA u hranu nesilicama može povećati njihov sadržaj u jajima (Kralik i Lovreković, 2018.), a najučinkovitijim se pokazalo dodavanje ribljeg ulja (Chanmugam i sur., 1992.).

Riblje ulje predstavlja najbogatiji izvor n-3 PUFA, prije svega biološki vrijednih eikozapentaenske (EPA, 20:5 n-3 PUFA) i dokozaheksaenske kiseline (DHA, 22:6 n-3 PUFA). Međutim, upotreba ribljeg ulja u hrani za životinje dovodi do pojave nepovoljnih senzorskih osobina animalnih proizvoda (miris i okus po ribi, Hargis i Van Elswyk, 1993.).

Zbog toga udio ribljeg ulja u hrani za životinje treba svesti na mjeru koja neće negativno utjecati na senzorsku prihvatljivost proizvoda. S druge strane, niska razina ulja dodanog u hranu neće imati značajnijeg utjecaja na modifikaciju masno-kiselinskog sastava animalnih proizvoda (Corino i sur., 2002.).

Škrtić i sur. (2007.) istraživali su utjecaj različitih ulja na profil masnih kiselina u žumanjcima jaja. Istraživanje je obavljeno na 80 ISA Brown nesilica (40 u kontrolnoj i 40 u pokusnoj skupini) starih 50 tjedana. Kontrolna skupina nesilica dobivala je u hrani suncokretovo ulje (6 %), a pokusna skupina kombinaciju repičinog (4 %) i ribljeg (2 %) ulja. Smjese za nesilice sadržavale su 16,8 % sirovih bjelančevina i 11,57 MJ ME (metaboličke energije). Istraživanje je trajalo 28 dana. Korištena ulja (suncokretovo, repičino i riblje) u hrani za nesilice imala su značajan utjecaj na profil masnih kiselina u mastima žumanjaka jaja. U mastima žumanjaka kod pokusne skupine nesilica utvrđen je značajno viši ($P < 0,001$) sadržaj poželjnih masnih kiselina (linolenske, C18:3n-3; eikozapentaenske, C20:5n-3 i dokozaheksaenske, C22:6n-3) u odnosu na kontrolnu skupinu. Osim toga, pokusna skupina nesilica imala je manji sadržaj ($P < 0,001$) nepoželjnih zasićenih masnih kiselina te linolne (C18:2n-6) i arahidonske kiseline (C20:4n-6) u mastima žumanjaka. Sadržaj oleinske kiseline (C18:1) i ukupnih mononezasićenih masnih kiselina (MUFA) bio je značajno viši ($P < 0,001$) u mastima žumanjaka pokusne skupine. Pokusna skupina nesilica imala je manji sadržaj nepoželjnih polinezasićenih masnih kiselina n-6 tipa (n-6 PUFA, $P < 0,001$), veći sadržaj poželjnih masnih kiselina n-3 tipa (n-3 PUFA, $P < 0,001$) i povoljniji omjer n-6/n-3 PUFA ($P < 0,001$) u mastima žumanjaka jaja u odnosu na kontrolnu skupinu.

Tablica 5. Sadržaj masnih kiselina u smjesama (% od ukupnih masnih kiselina)

Škrtić i sur., (2007.).

Masna kiselina %	Kontrolna skupina	Pokusna skupina
<i>Laurinska (C12:0)</i>	0,00	0,03
<i>Miristinska (C14:0)</i>	0,12	1,40
<i>Pentadekanska (C15:0)</i>	0,03	0,23
<i>Palmitinska (C16:0)</i>	12,40	13,22
<i>Heptadekanska (C17:0)</i>	0,07	0,25
<i>Stearinska (C18:0)</i>	3,34	3,20
<i>Arahidonska (C20:0)</i>	0,43	0,59
<i>Behenska (C22:0)</i>	0,15	0,35
ΣSFA	16,54	19,27
<i>Palmitoleinska (C16:1)</i>	0,11	1,22
<i>Heptadekenska (C17:1)</i>	0,00	0,08
<i>Oleinska (C18:1)</i>	27,95	37,61
<i>Eikozenska (C20:1)</i>	0,23	0,84
ΣMUFA	28,29	39,75
<i>Linolna (C18:2n-6)</i>	53,38	31,15
<i>γ-linolenska (C18:3n-6)</i>	0,00	0,09
<i>Eikozadienska (C20:2n-6)</i>	0,06	0,52
<i>Eikozatrienska (C20:3n-6)</i>	0,20	0,16
<i>Arahidonska (C20:4n-6)</i>	0,00	0,15
Σ n-6 PUFA	53,64	32,07
<i>α-linolenska (C18:3n-3)</i>	1,53	4,46
<i>Eikozapentaenska (C20:5n3)</i>	0,00	1,52
<i>Dokozaheksaenska (C22:6n3)</i>	0,00	2,91
Σ n-3 PUFA	1,53	8,89
ΣPUFA	55,17	40,96
ΣSFA/MUFA	0,58	0,48
ΣSFA/PUFA	0,30	0,47
Σ n-6 / n-3 PUFA	35,06	3,61

Tablica 6. Profil masnih kiselina u žumanjku (% od ukupnih masnih kiselina)

Škrtić i sur., (2007.).

Masna kiselina %	Kontrolna	Pokusna skupina	t-test
Miristinska (C14:0)	0.27±0.04	0.34±0.03	***
Pentadekanska (C15:0)	0.07±0.01	0.13±0.02	***
Palmitinska (C16:0)	25.73±1.08	23.19±0.79	*
Heptadekanska (C17:0)	0.23±0.03	0.34±0.04	***
Stearinska (C18:0)	9.10±0.37	7.53±0.26	***
Behenska (C22:0)	0.02±0.01	0.03±0.01	n.s.
ΣSFA	35.42±1.14	31.56±0.79	***
Miristoleinska (C14:1)	0.03±0.02	0.04±0.01	n.s.
Palmitoleinska (C16:1)	1.50±0.36	1.83±0.29	*
Heptadekenska (C17:1)	0.11±0.01	0.20±0.01	***
Oleinska (C18:1)	38.56±1.52	45.40±1.42	***
Eikozenska (C20:1)	0.23±0.05	0.26±0.04	n.s.
ΣMUFA	40.43±1.72	47.73±1.58	***
Linolna (C18:2n-6)	21.27±2.13	16.04±1.62	***
γ-linolenska (C18:3n-6)	0.16±0.07	0.09±0.04	*
Eikozadienska (C20:2n6)	0.26±0.06	0.14±0.02	***
Eikozatrienska (C20:3n6)	0.17±0.01	0.13±0.01	***
Arahidonska (C20:4n6)	1.94±0.11	1.00±0.11	***
Σ n-6 PUFA	23.80±2.26	17.40±1.70	***
α-linolenska (C18:3n-3)	0.38±0.06	1.06±0.11	***
Dokozaheksaenska (22:6n3)		2.14±0.34	***
Σ n-3 PUFA	0.38±0.06	3.20±0.37	***
ΣPUFA	24.18±2.32	20.60±1.71	***
ΣSFA/MUFA	0.88±0.04	0.66±0.03	***
ΣSFA/PUFA	1.46±0.15	1.53±0.16	*
Σ n-6 / n-3 PUFA	62.63±6.32	5.44±0.78 ***	***

n.s. P>0.05; * P<0.05; ** P<0,01; *** P<0.001

U istraživanju utjecaja različitih ulja u hrani za nesilice na kakvoću jaja i sadržaj masnih kiselina u žumanjku jajeta Kralik i sur. (2007.) su koristili tri skupine nesilica kojima su davali posebno pripremljene smjese. Kontrolna skupina nesilica konzumirala je smjesu s dodatkom 5 % sojinog ulja. Smjesa pokusne skupine P1 sadržavala je 3,5 % ribljeg i 1,5 % repičinog ulja, dok je smjesa P2 sadržavala 1,5 % ribljeg ulja i 3,5 % repičinog ulja. Nesilice su hranjene smjesama 28 dana. U rezultatima istraživanja autori navode da je statistički značajno najpovoljniji (najmanji) omjer n6/n3 PUFA utvrđen kod P1 skupine u odnosu na skupine P2 i K (4,27:7,26 i 11,89; $P < 0,05$).

U skupini P1 gdje je udio ribljeg ulja u hrani nesilica bio najveći, utvrđeno je i statistički značajno više EPA (K=0 %; P1=0,22 %; P2=0%), DHA (K=1,26 %; P1=2,64 % i P2=2,23 %) i LNA (K=1,16 %; P1=2,31 % i P2=1,21 %) u odnosu na ostale skupine u istraživanju. Sukladno povećanju navedenih masnih kiselina P1 je imala i najveći udio ukupnih n-3 PUFA u žumanjcima u odnosu na skupine P2 i K (5,17 % > 3,44 % > 2,42 %). Da dodatak ribljeg ulja u smjese za nesilice statistički značajno utječe na povećanje udjela DHA u žumanjcima jaja navode i Ceylan i sur. (2004.).

U istraživanju modifikacije profila masnih kiselina u žumanjcima jaja korištenjem različitih izvora ulja u smjesama za nesilice Omidi i sur. (2015.) koristili su 72 nesilice hibrida Tetra SL u dobi od 23 tjedna, koje su podijelili u 6 pokusnih skupina. Kontrolna skupina bila je bez dodatka ulja, dok su ostalim skupinama dodana različita ulja u udjelu od 3 % (P1=riblje ulje; P20 maslinovo ulje; P3=ulje sjemenki grožđa; P4=canola (repica) ulje; P50 sojino ulje). Autori navode da korišteni tretmani nisu imali značajan utjecaj na proizvodnju i masu jaja i konverziju hrane ($P > 0,05$), dok je značajno veći udio EPA, DHA i ukupnih n-3 PUFA utvrđen kod jaja nesilica koje su konzumirale hranu s dodatkom ribljeg ulja u odnosu na ostale ispitivane skupine ($P < 0,05$).

Lončarić i sur. (2015.) su istraživali učinke dijetalne zamjene 3% suncokretovog ulja (SO skupina) s 3% ulja mlijeka čička (MTO skupina) na tehnološku kvalitetu mesa, poput pH vrijednosti, boje (CIE L *, CIE a *, CIE b *), sposobnost zadržavanja mesnog soka (%), sile smicanja (N) i kala kuhanja (%), kao i na sadržaj lipida masnih kiselina u brojerskim mišićima prsa i bedara. Značajna razlika ($P < 0,05$) utvrđena je za vrijednosti pHi, pHu, CIE a *, CIE b * između skupina, iako su vrijednosti za navedene pokazatelje bile unutar standardnog raspona. Lipidi prsnog mišića iz skupine MTO sadržavali su više arahidne kiseline ($P < 0,001$), izomera oktadecenske kiseline B ($P = 0,047$) i eikozatrijenske

kiseline ($P=0,041$), te manje α -linolenske kiseline ($P<0,001$) i $\Sigma n-3$ PUFA. Lipidi mišića bataka MTO skupine sadržavali su više Σ SFA, miristoleinske kiseline, eikozatrijenske kiseline ($P<0,05$) i eikozanove kiseline ($P<0,001$), i manje α -linolenske kiseline te imali su uži omjer $\Sigma n-3/n-6$ PUFA od SO skupine. Na temelju navedenih rezultata autori su zaključili da sucokretovo ulje ima povoljniji učinak na kakvoću mesa brojlera od ulja mlijeka čička.

Kralik i sur. (2018.) su istraživali mogućnosti obogaćivanja konzumnih jaja s n-3 PUFA, selenom, luteinom i vitaminom E. U tu svrhu pripremljene u dvije smjese za kokoši nesilica, jedna konvencionalna i druga modificiranog sastava. U istraživanju je korišteno 120 nesilica provenijencije Tetra SL, podijeljenih u dvije pokusne skupine (K i P) sa 60 nesilica po skupini (12 ponavljanja po 5 komada). Kontrolna skupina konzumirala je standardnu smjesu dok su nesilice pokusne skupine dobivale modificiranu smjesu u koju je dodano 5% mješavine 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 (3,76 % i 1,69 %, $P<0,001$). Omjer n-6/n-3 PUFA u pokusnoj skupini bio je za više od dva puta povoljniji nego u kontrolnoj skupini (5,91 vs. 13,34; $P<0,001$). Sadržaj selena u žumanjku i bjelanjku kod konvencionalnih jaja bio je 0.053 $\mu\text{g/g}$, a dizajniranih 0.143 $\mu\text{g/g}$, odnosno 0.387 $\mu\text{g/g}$ i 0.662 $\mu\text{g/g}$ ($P<0,001$). Sadržaj luteina povećan je s 12.44 $\mu\text{g/g}$ kod konvencionalnih jaja na 104.95 $\mu\text{g/g}$ dizajniranih jaja, a vitamina E također je povećan s 12.5 $\mu\text{g/g}$ na 19.82 $\mu\text{g/g}$ žumanjka.

Jaje je namirnica koja se koristi svakodnevno u ljudskoj prehrani. Odličan je izvor nutrijenata koji opskrbljuju ljudski organizam. Dizajnirano jaje sve više dobiva na važnosti zbog toga što ima povoljniji omjer n-6/n-3 PUFA. Dizajnirano jaje ima višestruke pozitivne učinke na ljudski organizam, a kako bi se zadovoljile potrebe organizma za tim masnim kiselinama potrebno je koristiti izvor EPA i DHA (riba i riblja ulja) (Kralik i Lončarić, 2017.).

Navedene masne kiseline (EPA i DHA) imaju važnu ulogu u ljudskom organizmu: smanjuju razinu triglicerida u plazmi, povećavaju vrijeme agregacije trombocita, smanjuju učestalost ateroskleroze, upalnih procesa i tumora, smanjuju viskoznost krvi i krvni tlak (Mishra, 1993.), povoljno djeluju na probavu, poboljšavaju rad imunog sustava i smanjuju pojavu alergijskih bolesti. Istraživanjima se utvrdio pozitivan utjecaj EPA i DHA tijekom

trudnoće. Smatra se da se unošenjem tih dvaju masnih kiselina smanjuje proizvodnja prostaglandina E₂ i F₂α i tako smanjuje upala maternice (Vass i sur., 2008.).

Posljednjih godina u razvijenim zemljama sve je popularnija konzumacija hrane bogate s n-3 PUFA. Animalni proizvodi bogati n-3 PUFA, 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.).

Dizajnirano ili obogaćeno jaje s mikronutrijentima dobiva se od nesilica koje konzumiraju smjesu izmijenjenog sastava. Modifikacija se provodi kako bi se dobilo jaje što veće nutritivne vrijednosti. Naime, zbog nepovoljnog omjera n-6/n-3 PUFA jaje sadrži dosta kolesterola (Kralik i Lončarić, 2017.) te se modifikacija provodi pomoću vitamina E, selena, luteina i n-3 PUFA. Kokoši lako apsorbiraju i prenose n-3 PUFA iz hrane i akumuliraju ih u žumanjak. (Kralik i Lovreković, 2018.). Dodavanjem specifičnih biljnih i životinjskih ulja u hranu za nesilice postiže se bolji omjer n-6/n-3 PUFA. Selen, lutein i vitamin E djeluje kao antioksidanti, odnosno svojim sadržajem u jajima produžuju njegovi svježinu (Kralik i Lovreković, 2018.)

U svom radu o učinkovitosti konzumacije dizajniranih jaja na zdravlje ljudi Surai i sur. (2000.) su prikazali sastav hranjivih tvari konvencionalnih i dizajniranih jaja. 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 7. Sastav hranjivih tvari u konvencionalnim i dizajniranim jajima.

(Izvor: Izrada autora, modificirano prema Surai i sur ;2000.; Lyons i sur., 2007.; Kralik i sur., 2016.).

Iznos 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***

*** P<0,001; (Izvor: Izrada autora, modificirano prema Surai i sur ;2000.; Lyons i sur., 2007.; Kralik i sur., 2016.).

Tablica 8. Prodaja obogaćenih jaja diljem Svijeta.*(Izvor: Lyons i sur., 2007.; Kralik i sur., 2016.).*

Država	Nutrijent	Tržišni naziv jaja
Hrvatska	n-3 PUFA	Omega jaja
Grčka	n-3 PUFA	Vi n-3 PUFA
Mađarska	n-3 PUFA	Omega Pluss
Kanada	Obogaćena s DHA	Columbus
Malazija	Jaja obogaćena n-3 PUFA	LTK omega plus
Amerika	Obogaćena s n-3 PUFA 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	Selenyumeeggs
Meksiko	Jaja obogaćena selenom	Mreggs

Funkcionalna hrana pa tako i dizajnirana jaja se sve više koriste u prehrani ljudi. Međutim, tržište je zahtjevno i treba ispuniti očekivanja kupaca koja su velika i uključuju različite komponente; izgled, hranjivu vrijednost, okus pa sve do pristupačnosti cijenom.

Dizajnirana jaja i sva funkcionalna hrana imaju veću cijenu od komercijalnih proizvoda što je jedan od razloga zašto ljudi još uvijek ne konzumiraju dizajnirana jaja i prije posežu za komercijalnim proizvodom. Dobrim marketingom i uvođenjem nekih novih tehnologija, koje bi pojeftinile proizvodnju dizajniranih jaja, postigla bi se veća

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

5.2. Selen

Element selen otkriven je 1817. godine. Otkrio ga je švedski znanstvenik Jon Jacob Berzelius prilikom istraživanja uzroka čestih oboljenja radnika u tvornici sumpora. Selen je nemetal, element u tragovima koji se u prirodi javlja kao kombinacija anorganskog (selenid, selenat i selenit) i organskog (selenometionin ili selenocistein) oblika. Esencijalan je mikroelement. Životinje i ljudi ga moraju u organizam unijeti putem hrane. Pohranjuje se u različitim organima u organizmu: štitnjači, jetri, mišićima, bubrezima te muškim i ženskim spolnim žlijezdama.

Biološka uloga selena primarno se odnosi na njegovu ugradnju u proteine. Selen se ugrađuje u više proteina u tijelu, koje nazivamo selenoproteinima (npr. glutation-peroksidaza), a koji imaju brojne funkcije u organizmu, poglavito antioksidativne i protuupalne.

Važnost selena u prehrani pokazali su 1958. godine Schwarz i Foltz, koji su istaknuli kako je unos selena putem dodataka prehrani nužan za prevenciju nekroze jetre kod eksperimentalnih životinja. Tijekom posljednja dva desetljeća, objavljeni su brojni znanstveni radovi koji kontinuirano upućuju na presudnu ulogu selena u održanju imunološko-endokrinološke, metaboličke i stanične homeostaze (Cvrtila i sur., 2005., Combs, 2001.).

Osim toga, Rayman (2012.) ističe na važnu ulogu selenoproteina u očuvanju funkcije mozga. Smanjenje ekspresije nekolicine selenoproteina povezuje se s različitim neurološkim bolestima kao što su Parkinsonova ili Alzheimerova bolest te epilepsija.

Selen ima značajnu ulogu u proizvodnji i regulaciji hormona štitnjače - trijodtironina (Sturniolo i Mesa, 2013.). Također ima vrlo važnu ulogu u očuvanju reproduktivnog zdravlja muškaraca i žena (Mistry i sur., 2012.).

Prosječna koncentracija selena u ljudskom tijelu je $< 1 \mu\text{g}/\text{kg}$ tjelesne težine. Najviše selena u ljudskom tijelu je uskladišteno u bubrezima, jetri, slezeni, gušterači te srcu i mozgu. Optimalna vrijednost unosa Se iznosi $75 \mu\text{g}/\text{dan}$, dok je donja granica $30 \mu\text{g}/\text{dan}$. Toksični efekti javljaju se pri unosu više od $900 \mu\text{g}/\text{dan}$ (Combs, 2001.).

Najzastupljeniji oblici selena pronađeni u ljudskom organizmu su aminokiseline selenometionin i selenocistein, metilselenocistein i selenat. Izvori selenometionina su žitarice, metilselenocistein možemo pronaći u brazilskim orasima, a selenometionin i selenat dolaze većinom iz namirnica životinjskog podrijetla. Glavna uloga tih aminokiselina je ugradnja u bjelančevine, selenoproteine koji svaki pojedinačno, nose određenu fiziološku ulogu (Morrill, 2017.).

Zabilježeno je djelovanje selena kao antioksidansa koji uklanja slobodne radikale iz organizma (Rayman, 2000.; Tapiero i sur., 2003.). Slobodni radikali definiraju se kao molekule koje su sposobne opstati samostalno te sadrže slobodan elektron. Prisutnost neuparenog elektrona je uzrok njihove nestabilnosti i visoke reaktivnosti. Ovisno o tome hoće li slobodni radikal donirati ili prihvatiti elektron, razlikujemo oksidanse i reducense. Radikali za koje je zapaženo da uzrokuju najviše štete biološki važnim molekulama poput DNA ili proteina su: hidrosilni radikal, superoksidni anion, vodikov peroksid te singletni kisik (Bošnjaković, 2017.). Reakcije slobodnih radikala rezultiraju štetnim posljedicama (srčane bolesti, tumori, pojava raka, kromosomske mutacije...) i uzrokuju oksidativni stres. Terminom oksidativni stres opisuje se pojava oksidativne štete koja nastaje kada je narušen omjer nastalih slobodnih radikala i učinka antioksidansa koji ih trebaju zbrinjavati oksidativni stres rezultira štetom u širokom spektru biomolekula, preko bjelančevina, masti pa sve do nukleinskih kiselina. Antioksidansi su molekule dovoljno stabilne da doniraju elektron slobodnom radikalu tako ga neutralizirajući. Antioksidansi su dovoljno male molekularne težine te stoga mogu reagirati sa slobodnim radikalima na način da prekidaju lančanu reakciju sprječavajući nanošenje konačne štete stanici. Uz opće poznate antioksidanse poput glutaciona i ubikvina koje je ljudsko tijelo sposobno proizvesti, u tijelu su pronađeni i antioksidansi unešeni prehranom, primarno vitamin E, vitamin C i beta-karoten (Bošnjaković, 2017.).

Jedna od prvih otkrivenih uloga selena jest bila ta da je on dio enzimskog kompleksa glutation peroksidaze čija je uloga razgradnja vodikova peroksida, lipida i fosfolipidnih hidroperoksida u organizmu. Ovaj enzimski kompleks sadrži četiri kofaktora

selena koji omogućavaju pravilno smještanje vodikova peroksida u aktivno mjesto enzima i njegovu katalizu (Rayman, 2000.). Osim toga, postoje mnogi selenoenzimi i selenoproteini koji imaju ulogu održavanja ukupne homeostaze tijela regulacijom hormona, elektronskih prijenosa te kontrolom biosinteze nukleotida (Morrill, 2017.). Tako je poznata esencijalna uloga selena pri normalnom funkcioniranju štitnjače. Selenoproteini su u ovom slučaju enzimi koji pretvaraju tiroksin u njegov aktivni oblik trijodotironin (Lobo i sur., 2010.).

Također je dokazan pozitivan učinak selena na mušku reproduktivnu sposobnost jer je ovojnica spermija upravo selenoprotein. Uz enzimski kompleks glutationa, bitan je i enzim tioredoksin reduktaze koji je također novootkriveni selenoproteinski kompleks koji ima ulogu u redoks regulaciji disulfidnih grupa visokog raspona enzima i transkripcijskih faktora. Osim uloge u organizmu kao antioksidans, novija istraživanja na selenu su pokazala kako ima i anti-kancerogena svojstva, a dokazan je i pozitivan efekt koji ima na imunološki sustav. Suplementacija selenom je pokazala da ima imunostimulirajuće učinke koji uključuju pojačanje proliferacije aktiviranih T-stanica, učinkovitosti citotoksina limfnog sustava pri borbi protiv tumora i sličnih mutiranih stanica (Rayman, 2000.; Morrill, 2017.).

Postoje podaci koji govore i o neuroprotektivnim svojstvima selena. Istraživanja su još u procesu, ali preliminarni rezultati govore da suplementacijom selena možemo utjecati na smanjenje učestalosti napada kod osoba koje boluju od epilepsije (Rayman, 2012.).

Osim epilepsije, selen se pokazao kao izvrstan borac protiv apoptoze moždanih stanica djelujući na taj način obećavajuće u kontekstu sprječavanja neurodegenerativnih bolesti živčanog sustava poput Alzheimerove bolesti i Parkinsonove bolesti te raznih oblika demencije (Morrill, 2017.).

Potencijalni pozitivni učinci koje selen ima na kardiovaskularni sustav pojedinca proizlaze iz činjenice da selenoproteini sprječavaju oksidativnu modifikaciju lipida (Lobo i sur., 2010.).

Poznato je da kronični teški manjak selena uzrokuje dvije bolesti, Keshan-ovu bolest i Kaschin-Beck-ovu bolest. Keshanova bolest uzrokuje povećanje srčanog mišića, a može uzrokovati i zadebljanje te njegovu krutost. Rezultira aritmijom, elektrokardiografskim i radiografskim anomalijama. Kaschinova bolest uzrokuje bolesti

kostiju i hrskavice. Bolest se očituje povećanim zglobovima, posebno prstiju na rukama i nogama. U ekstremnim slučajevima može uzrokovati patuljasti rast.

Višak selena u organizmu ima toksične efekte. Bolest povezana s dugotrajno visokim unosom selena je selenoza. Klasični simptomi su kašalj, zadah koji podsjeća na češnjak, plućne tegobe i razni gastrointestinalni problemi poput povraćanja, proljeva te grčeva. Rani simptomi se mogu opaziti u krhkosti noktiju i kose, dok su dugotrajni simptomi neurološke prirode i uključuju umor, razdražljivost i emocionalnu nestabilnost. Osim toga, trovanje može rezultirati potpunim propadanjem jetre i smrću. Prekomjernom dozom se smatraju količine iznad 700 µg/dan.

Pored izravnih simptoma koje uzrokuje višak selena, on ima i neizravna djelovanja; ometa apsorpciju cinka, smanjuje efektivnu količinu željeza u krvi i potiče akumulaciju bakra u jetri i srčanom mišiću. (Koller i Exon, 1986.).

Nove prehrambene preporuke USDA (Američkog ministarstva poljoprivrede) koje su zamijenile RDA vrijednosti kao preporučeni unos selena, donose za svaki nutrijent gornju granicu tolerancije unosa (Tolerable Upper Intake Levels). Za selen je to 400 µg/dan za odrasle osobe.

Tablica 9. Tolerirani unos selena (U.S. Food and Drug Administration FDA, 2010.)

STAROSNA DOB	TOLERIRANI UNOS SELENA mcg/dan
0-6 mj	45
7-12 mj	60
1-3 g	90
4-8 g	150
9-13 g	280
14-18 g	400
19-70 g	400
TRUDNICE	
< 18 g	400
1-50 g	400
DOJILJE	
< 18 g	400
19-50 g	400

Preporučena dnevna doza selena nije ista u svim zemljama upravo zbog toga što ni sam selen nije jednako raspoređen u tlu. Upravo zbog toga selen je u Republici Hrvatskoj detektiran kao regionalni nedostatak. U istočnoj Hrvatskoj rađena je analiza poljoprivrednih tala koja je pokazala kako je deficit selena bio prisutan u gotovo svim istraživanim tlima (Kralik i Lončarić, 2017.).

Nedostatak selena u prehrani danas je veliki problem te je gotovo polovica stanovništva pothranjena ovim mikroelementom koji je prije svega potreban za očuvanje zdravlja. Mikroelementi su potrebni u malim količinama za razvoj, razne metaboličke procese te pravilnu funkciju imunološkog sustava (Kralik i Lončarić, 2017.).

Tablica 10. *DRI (Daily Reference Intakes) vrijednosti preporučenog dnevnog unosa Selen.* (Izvor: U.S. Food and Drug Administration FDA, 2010.)

DOJENČAD		DJECA	
0-6 mj	15 mcg	1-3 g	20 mcg
7-12 mj	20 mcg	4-8 g	30 mcg
ŽENE		MUŠKARCI	
9-13 g	40 mcg	9-13 g	40 mcg
14-18 g	55 mcg	14-18 g	55 mcg
19-30 g	55 mcg	19-30 g	55 mcg
31-50 g	55 mcg	31-50 g	55 mcg
51-70 g	55 mcg	51-70 g	55 mcg
>70 g	55 mcg	>70 g	55 mcg
TRUDNICE		DOJILJE	
<18 g	60 mcg	<18 g	70 mcg
19-30 g	60 mcg	19-30 g	70 mcg
31-50 g	60 mcg	31-50 g	70 mcg

Kod ljudske populacije u različitim državama preporučena doza selen varira, odnosno ona je ovisna o samoj koncentraciji selen u tlu. Stanovnici Češke Republike konzumiraju najmanje selen, svega 20 µg/dan, dok stanovnici Venezuele konzumiraju najviše, odnosno 200-300 µg/dan (Wasowicz i sur., 2003.).

Prema Europskoj agenciji za sigurnost hrane (EFSA) dnevni unos selena u europskim zemljama iznosi od 20-70 µg/dan (Alfthan i sur., 2015.). Dnevna doza koju preporuča WHO je 30-40 µg Se/dan s naglaskom na to da su doze koje su veće od 400 µg Se/dan potencijalno toksične. Ukoliko govorimo o spolu, dnevna doza unosa selena za žene je 45-55 µg/dan dok je za muškarce preporučen unos od 40-70 µg/dan (Pérez-Corona i sur., 2011.). Ukoliko je u pitanju trudnoća ili laktacija, žene bi trebale unositi nešto više selena, odnosno 60-70 µg/dan (Slencu i sur., 2012.).

Tablica 11. *Sadržaj selena u hrani.**(Izvor: US Food and Drug Administrationm FDA, 2010.)*

HRANA	KOLIČINA, mcg
brazilski orah, 1/4 šalice	1036
školjke kamenice, 100 g	115
pileća jetrica, 100 g	71
teleća jetra, 100 g	57
sardine, 100 g	45
rakovi, 100 g	40
integralna pšenična tjestenina, 1 šalica	36
bijela tjestenina, 1 šalica	30
pšenična klica, pržena, 1/3 šalice	28
sjemenke suncokreta, 1/4 šalice	26
zobena kaša, kuhana, 1 šalica	19
soja, 1/2 šalice	17
slatkovodna riba, pečena, 100 g	15
jaje kuhano, 1 kom	13
tofu, 1/2 šalice	11

Skrivan (2009.) navodi kako je Europska unija postavila gornju granicu dnevnog unosa seleno putem hrane i ona za odrasle osobe ne smije biti viša od 300 mcg, dok se iznos od 5 mcg po 1 kg tjelesne mase također razmatra kao moguća sigurna doza dnevnog unosa seleno u ljudski organizam. U zemljama Europske unije zabilježen je dnevni unos seleno od 20-70 µg/dan (Alfthan i sur., 2015.).

U raznim istraživanjima dokazano je da meso i jaja s povećanim sadržajem seleno predstavljaju novi potencijalni izvor ovog elementa u ljudskoj prehrani te se mogu ponuditi kao obogaćeni proizvodi. Kod životinja se nakon unošenja u organizam putem obroka, selen ugrađuje u različite tkivne proteine, te se stvara njegova rezerva. Koncentracija seleno u tlu ovisi o lokalitetu na kojem se biljke uzgajaju. U Hrvatskoj je koncentracija seleno varijabilna i ovisi o regiji. Lončarić i sur. (2018.) ističu da se koncentracija seleno u tlu, osobito u kontinentalnoj regiji RH, kreće u rasponu od 87 do 516 µg/kg.

Beker i sur. (1991.) navode kako je koncentracija seleno u različitim krmivima, uzgojenim na području RH, vrlo niska: kukuruz 0,01-0,05 mg/kg, suncokretova sačma 0,03-0,08 mg/kg, sojina sačma 0,16-0,38 mg/kg te djetelina 0,10-0,15 mg/kg. U novije vrijeme u ratarskoj proizvodnji nastoji se putem fortifikacije povećati sadržaj različitih mikroelemenata u žitaricama. Tako proizvedene žitarice sadrže organske oblike mikroelemenata i koriste se u hranidbi životinja (Kralik i sur., 2019.).

Budući da sadržaj seleno u krmivima za životinje nije konstantan, a uzrok toga je često njegova vrlo niska koncentracija u tlima i biljkama, jedino rješenje za prevladavanje nedostatka seleno u obrocima za perad bilo je uključiti ovaj mikroelement u smjese kao dodatak vitaminsko-mineralne komponente. Preporuke tvornicama stočne hrane su bile da gotova krmna smjesa sadrži od 0,1-0,3 mcg seleno po kilogramu hrane (Surai, 2006.).

Znanstveno je potvrđeno kako je apsorpcija seleno puno učinkovitija ukoliko se seleno u hrani nalazi u organskom obliku. Zbog toga se preporučuje u hranu za perad dodavati seleno u obliku seleniziranog kvasca ili, u novije vrijeme, kroz žitarice fortificirane selenom. Mnoga istraživanja (Payne i sur., 2005., Skrivan i sur., 2006., Kralik i sur., 2009.), koja su bila fokusirana na utjecaj izvora seleno u hrani nesilica na njegovu raspoloživost u organizmu životinja, ističu veću biološku raspoloživost organskog u odnosu na anorganski oblik seleno. Također, znanstvenici su došli do važnih spoznaja o djelovanju povećane razine seleno u jajima na njihovu kvalitetu i svježinu (Skrivan i sur., 2006.). Sve navedeno rezultiralo je da se posljednjih nekoliko godina povećao interes kod

proizvođača krmnih smjesa za dodavanjem isključivo organskog oblika selena u hranu za životinje.

Ovakvim obrokom za životinje povećava se koncentracija selena u namirnicama animalnog podrijetla (mesu i jajima) koje, ako ih ljudi koriste u svakodnevnoj prehrani, mogu biti izvrstan izvor selena (Ševčikova i sur., 2006.). U istraživanju utjecaja izvora i razine selena u hrani za kokoši na proizvodnju jaja i sadržaj selena u jestivom dijelu jaja, Pavlović i sur. (2009.) navode da izvor selena u hrani značajno utječe na proizvodnju jaja. Navode da dodatak selena u hranu nesilica nije statistički značajno utjecao na proizvodnju, kao i na njihovu masu ($P > 0,05$), ali se sadržaj selena u jajima statistički značajno povećao. Gajčević i sur. (2009.) navode kako razina organskog selena u hrani za nesilice statistički značajno utječe na svježinu jaja. U knjizi o ulozi prirodnih antioksidanata u hranidbi i reprodukciji peradi Surai (2002.) navodi da postoji niz važnih uloga selena u hranidbi životinja te posebno ističe činjenicu da izvor i razina selena u smjesama za kokoši utječe na kvalitetu odnosno svježinu jaja. Zbog svog antioksidativnog svojstva selen u jajima doprinosi oksidacijskoj stabilnosti masti i proteina, čime se produžuje svježina jaja (Kralik i sur., 2019.).

Prema navodima Kralik i Išasegi (2018.), korištenjem selenom biofortificiranog kukuruza u krmnim smjesama nesilica, sadržaj selena u žumanjku iznosio je $0,7157 \mu\text{g/g}$, a u bjelanjku $0,2599 \mu\text{g/g}$. Ako bi navedene vrijednosti preračunali po jednom prosječnom jajetu od 65 g, moglo bi se reći da u jestivom dijelu jajeta ima 55 mcg selena, odnosno da bi zdrava odrasla osoba mogla dnevno konzumirati dva jaja, te bi uz različite druge namirnice zadovoljila dnevne potrebe za selenom (Kralik i sur., 2019.).

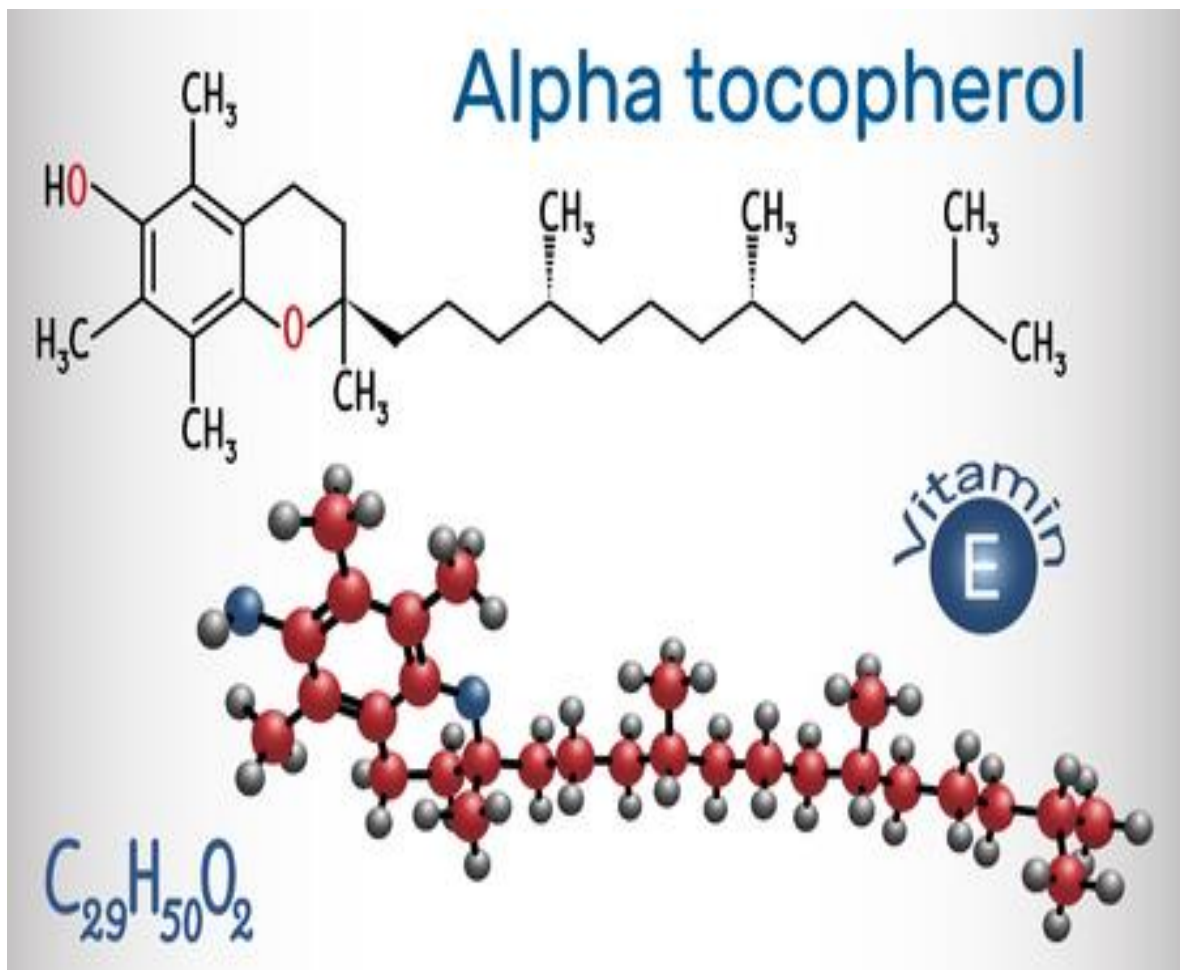
Ukoliko se u smjesi anorganski oblik selena zamijeni organskim, postiže se njegova bolja ugradnja u mišićno tkivo (Cvrtila i sur., 2005.). Prilikom sastavljanja smjesa za piliće treba voditi računa i o koncentraciji selena, jer se povećanjem koncentracije selena u hrani utječe na njegovo efikasnije deponiranje u mišićnome tkivu (Kralik i sur., 2012.). Marković i sur. (2010.) su u istraživanju uporabe organskog oblika selena u cilju proizvodnje funkcionalne hrane, utvrdili da povećana razina selena u smjesama za piliće utječe na smanjenje završne mase i mase trupa. Ševčikova i sur. (2006.) navode da dodatak organskoga selena u hranu za piliće nema utjecaja na klaonička svojstva. Međutim, ističu značajan utjecaj razine selena u hrani na njegov sadržaj u mišićnome tkivu zabataka. Haug i sur. (2007.) također navode da organski selen u hrani utječe na profil masnih kiselina u

mišićnome tkivu pilića. Učinak povećanja selena u hrani za piliće na njegovo efikasnije deponiranje u mišićnome tkivu prsa navode Kralik i sur. (2012.).

Isti autori ističu značajan utjecaj razine selena na promjenu profila masnih kiselina u mastima mišića prsa, pri čemu je povećanjem selena u hrani povećan udio α LNA, EPA, DPA i DHA, kao i udio ukupnih n-3 PUFA. (Kralik i sur., 2014.).

5.3. Vitamin E

Vitamin E je zajedničko ime za grupu spojeva topivih u mastima s izraženom antioksidativnom aktivnošću (Kralik i sur., 2012.). Prirodni vitamin E javlja se u osam kemijskih oblika: α -, β -, γ -, δ - tokoferoli i α -, β -, γ -, δ - tokotrienoli, od kojih je za α -tokoferol utvrđena najveća biološka aktivnost (Brigelius-Flohe i Traber, 1999., Kralik i sur., 2012.).



Slika 4. Kemijska struktura molekule vitamina E.

(Izvor: <https://www.123rf.com/photo>)

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.)

Vitamin E ima nekoliko različitih, ali povezanih funkcija. Jedna od najvažnijih funkcija je njegova uloga međustaničnog i unutar staničnog antioksidansa. Vitamin E dio je tjelesne unutar stanične obrane od štetnih učinaka reaktivnog kisika i slobodnih radikala koji iniciraju oksidaciju nezasićenih fosfolipida (Chow, 1979.) i kritičnih sulfhidrilnih skupina (Brownlee i sur., 1977.).

Vitamin E funkcionira kao antioksidans vezan za membranu, zadržavajući slobodne radikale lipidnog peroksila proizvedene iz nezasićenih masnih kiselina u uvjetima "oksidativnog stresa". Čini se da je orijentacija vitamina E unutar staničnih membrana presudna za njegovu funkcionalnost. Lipidi, posebno fosfolipidi prisutni u staničnim membranama, posebno su osjetljivi na oksidativna oštećenja. Vitamin E djeluje kao sredstvo za gašenje molekula slobodnih radikala s pojedinačnim, visoko reaktivnim elektronima u vanjskim ovojnica (Dunnnett, 2003.).

Kako bi poboljšali oksidacijsku stabilnost i time povećali rok trajanja mesa i jaja antioksidanti se dodaju u stočnu hranu. Antioksidativna funkcija vitamina E usko je povezana i u sinergiji je s ulogom selena.

Surai i sur. (2000.) istraživali su učinak dodanog selena i vitamina E u obroku nesilica te njihov transfer iz hrane u žumanjak jajeta i tkivo tek izvaljenih pilića. Autori ističu kako je dodatak selena i vitamina E u hranu nesilica značajno utjecao na povećanje njihovog sadržaja u jajetu, odnosno u jetri jednodnevnih pilića. Surai (2006.) navodi kako vitamin E i selen djelujući zajedno pokazuju bolju antioksidativnu zaštitu od pojedinog antioksidanta. U životinjskim stanicama selen, kao sastavni dio selenoproteina, djeluje kao prva, a vitamin E u staničnim membranama kao druga linija obrane od oksidacije. Selen sprječava stvaranje slobodnih radikala, dok vitamin E sprječava nastanak i širenje lančane reakcije oksidacije (Kralik i sur., 2012.).

Zouari i sur. (2010.) u istraživanju utjecaja vitamina E iz hrane na stabilnost lipida i boje u mesu zabatka pilića, zaključuju kako dodatak vitamina E u udjelu već od 200 mg/kg

hrane tijekom zadnjih 20 dana tova učinkovito smanjuje oksidaciju lipida u svježem mesu zabatka tijekom čuvanja u hladnjaku. Higgins i sur. (1998.) istraživali su utjecaj vitamina E iz hrane na njegovu pohranu u mišićima pura i održivost kuhanog purećeg mesa. Zaključili su kako dodatak tokoferil acetata u udjelima od 300 i 600 mg/kg hrane značajno smanjuje lipidnu oksidaciju u uzorcima kuhanih purećih prsa, u usporedbi s uzorcima iz skupine pura koje su u hrani dobivale 20 mg/kg tokoferil acetata.

Higdon (2004.) navodi kako vitamin E ima ulogu u zaštiti masti u lipoproteinima niske gustoće (LDL) od oksidacije, te smanjuje rizik od kardiovaskularnih bolesti.

Brojna istraživanja su potvrdila kako sadržaj vitamina E u jajima linearno raste s povećanjem vitamina E u hrani za nesilice (Jiang i sur., 1994., Meluzzi i sur., 2000., Kralik i sur., 2012.).

Vitamin E također povoljno utječe na održivost n-3 PUFA jaja tijekom skladištenja. Sharyar i sur. (2010.) u svom istraživanju zaključuju kako dodatak vitamina E od 60 ili 120 mg/kg hrane utječe na povećanje oksidativne stabilnosti jaja skladištenih na +4 °C tijekom 30 i 60 dana. Kombinacija povećanih razina vitamina E i selena u hrani nesilica utječe na daljnje smanjenje osjetljivosti lipida žumanjka na oksidaciju u usporedbi s utjecajem pojedinog antioksidanta (Mohiti- Asli i sur., 2008.). Surai i Dvorska (2002.) su istraživali utjecaj različitih kombinacija vitamina E i selena u hrani na peroksidaciju lipida u prsnome mišiću nesilica tijekom produženoga skladištenja. Njihovi rezultati pokazuju kako kombinacija od 100 mg/kg vitamina E i 0,4 mg/kg selena najučinkovitije smanjuje oksidaciju lipida u prsnome mišiću nesilica skladištenjem na -20 °C tijekom 24 mjeseca. Skřivan i sur. (2008.) potvrđuju kako dodatak selena u hranu tovnih pilića prouzrokuje povećanje razina selena i vitamina E u mesu te se tako može spriječiti oksidacija prsnoga mišića tijekom skladištenja.

5.4. Lutein i zeaksantin

Ksantofili lutein i zeaksantin su glavni karotenoidi u ljudskoj krvi i tkivima, ali ne doprinose opskrbi organizma vitaminom A. Ovi karotenoidi nalaze se u različitom voću i povrću, a posebno bogati luteinom i zeaksantinom su zeleno lisnato povrće poput špinata, kelja, zelene salate, zatim brokula, kukuruz, bundeva, grašak (Sies i Stahl, 2003.).

Konzumacija hrane koja je dobar izvor luteina i zeaksantina važna je za prevenciju bolesti te poboljšanje zdravlja očiju, kardiovaskularnog i živčanog sustava, kao i za zaštitu

kože u uvjetima prekomjerne izloženosti štetnim zračenjima (Cena i sur., 2008.). Unos od približno 6 mg/dan (6000 µg/dan) luteina i zeaksantina pridonosi pozitivnim učincima tih fitokemikalija na ljudsko zdravlje (Johnson i sur., 2010.).

Lutein je izomer sa zeaksantinom od kojeg se razlikuje jedino po položaju jedne dvostruke veze unutar terminalnog prstena. Zbog toga se u prošlosti sadržaj luteina izražavao zajedno sa sadržajem zeaksantina zbog nemogućnosti njihovog razdvajanja, međutim razvojem analitičkih tehnika u novije vrijeme sadržaj svakog od navedenih ksantofila se izražava zasebno (Kerep i sur., 2012.).

Jaje sadrži 0,3 do 0,5 mg ukupnih ksantofila, od čega je samo nešto više od pola prisutno u obliku luteina (Steinberg i sur., 2000.).

Bioiskoristivost luteina iz žumanjka veća je u odnosu na lutein iz povrća (Johnson, 2004.). Žumanjak jajeta sastoji se od lipidnog matriksa u kojem su raspršeni lutein i zeaksantin, zajedno s ostalim mikronutrijentima topivim u mastima (npr. vitaminima). Zbog toga je lutein iz žumanjka lako probavljiv i vrlo bioiskoristiv za ljude. Nasuprot tome, karotenoidi unutar kloroplasta i kromoplasta biljaka puno su manje iskoristivi u ljudskom organizmu (Selvaraj i sur., 2006.). Osim toga, vlakna iz biljaka, kao što je npr. pektin, dodatno smanjuju bioiskoristivost luteina iz biljaka (Handelman i sur., 1999.).

Roodenburg i sur. (2000.) ističu kako se apsorpcija karotenoida odvija pasivnom difuzijom zajedno s mastima iz stvorenih micela. Navedeni autori također ističu kako količina masti u hrani nema utjecaja na bioiskoristivost karotena, ali ima na estere luteina. Za optimalno iskorištenje luteina neophodna je veća količina masti u crijevima ljudi, u odnosu na karotene koji se dobro resorbiraju i u prisutnosti manjih količina masti. Masti žumanjka neophodne su za učinkovitu apsorpciju vitamina E i luteina u ljudskim crijevima. Šest grama lipida iz žumanjka jajeta dovoljno je za učinkovitu apsorpciju vitamina E i luteina u ljudskim crijevima (Van het Hoff, 2000.).

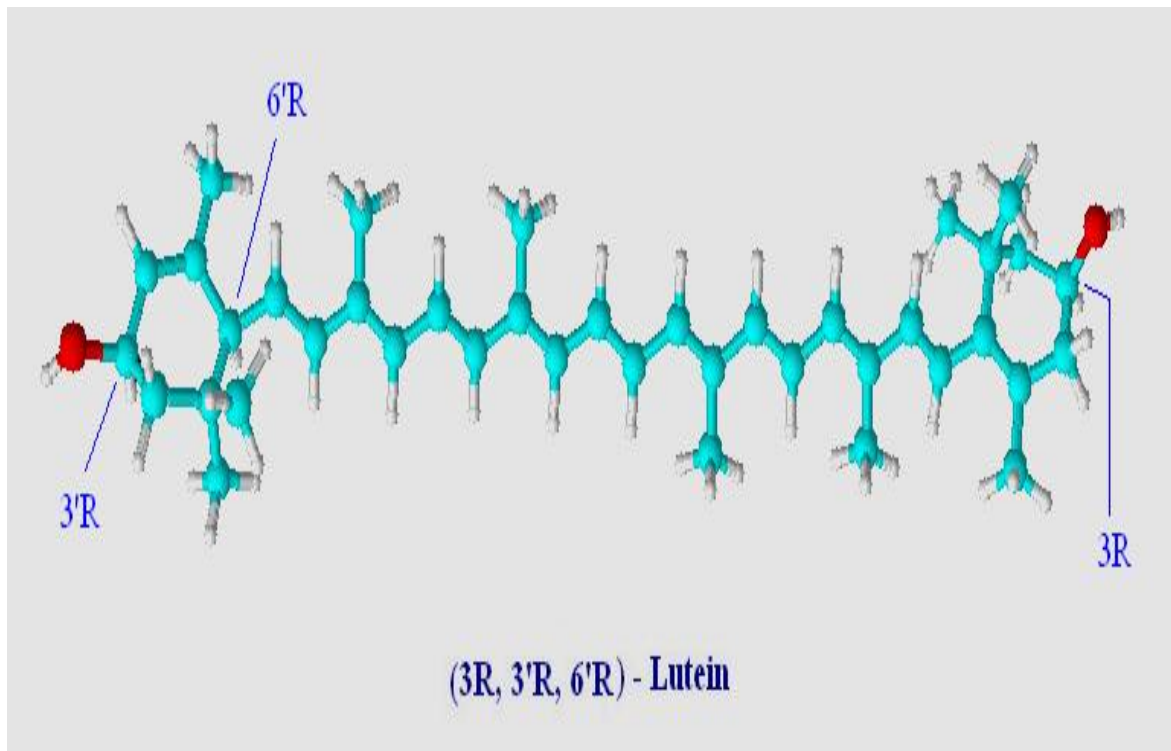
Alves-Rodrigues (2004.) ističe kako je u ljudskom serumu prisutan samo slobodni lutein. Luteinski esteri u prirodi su diestri luteina s dvije masnokiselinske skupine na mjestima na kojima se na slobodnom luteinu nalaze hidroksilne skupine. Lutein ne sadrži esterificirane masne kiseline te se stoga u ljudskom tijelu direktno apsorbira. Luteinski ester se prije apsorpcije mora konvertirati u slobodni lutein hidrolizom masnih kiselina.

Proizvodnja jaja i mesa s povećanim sadržajem luteina je zanimljiva kako zbog brige za kvalitetnijom prehranom stanovništva tako i zbog stvaranja većeg prihoda proizvodnjom namirnica s dodanom vrijednošću. Kod ljudi je važan za očuvanje funkcije normalnog vida. Lutein i zeaksantin jedini su karotenoidi koji se nalaze u ljudskoj mrežnici i leći (Kerep i sur., 2012.).

Svojstva i funkcije karotenoida ovise prije svega o strukturi same molekule. Konjugirani sustav dvostrukih veza je najvažniji čimbenik u reakcijama karotenoida kao što su, na primjer, prijenos energije u fotosintezi i reakcije sa slobodnim adikalima (Young i Lowe, 2001.). Karotenoidni polienski lanac osjetljiv je na napade radikala jer je zbog delokalizacije elektrona to područje molekule bogato elektronima. Zbog delokaliziranih elektrona karotenoidi su pogodni za stabiliziranje reaktivnih međuprodukata, kao što su karbokationi ili radikali. Delokalizirani elektroni primarno su odgovorni za brzu oksidativnu razgradnju karotenoida nakon izlaganja čak i malim količinama kisika (npr. nakon pročišćavanja; Johnson, 2007.). U staničnim organelama i membranama karotenoide od oksidacije štiti povezanost s bjelančevinama, mastima i drugim susjednim molekulama. Čak i uz takvu prirodnu biološku zaštitu karotenoidi su osjetljivi na oksidativno oštećenje ako postanu izloženi oksidirajućim tvarima ili slobodnim radikalima (posebno superoksidu i peroksidu). U mnogim reakcijama oksidacije karotenoid se raspada na manje dijelove, pri čemu je uobičajeni znak raspada karotenoida gubitak njihove boje (Britton, 1995.). Kad se karotenoid nađe u blizini singletnog kisika i međusustavni prijenos viška kisikove energije na karotenoid bude neuspješan, singletni kisik može izravno napasti karotenoid („žrtveno vezanje“). Oksidacija krajnjih prstenova molekula karotenoida također utječe na njihovu sposobnost antioksidativnog djelovanja te u mnogo slučajeva povećava njihovu sposobnost hvatanja slobodnih radikala. Oksidacijom krajnjih prstenova sprječava se napad radikala na nekonjugirane dvostruke veze u prstenu ili hidroksilne skupine (Johnson, 2007., cit. Grčević, 2015.).

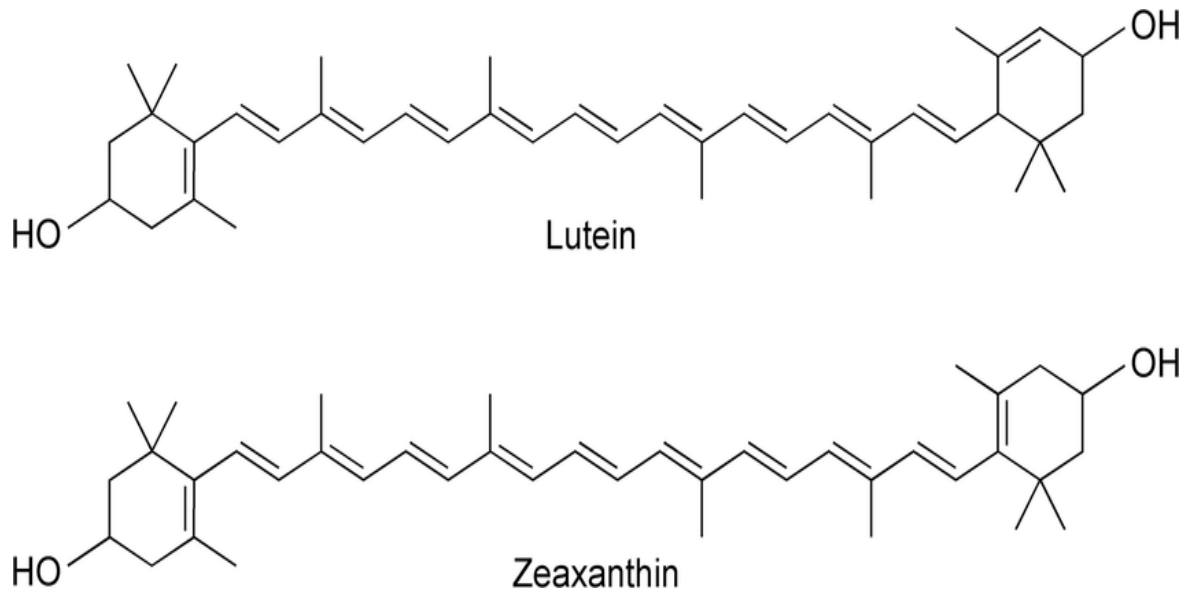
Lutein i zeaksantin su polarniji od drugih karotenoida zbog prisutnosti hidroksilnih skupina u strukturi (Mares-Perlman i sur., 2002., Abdel-Aal i sur., 2013.). Međusobno se strukturno razlikuju prema vrsti iononskog prstena. Lutein sadrži β -iononski prsten i ϵ -iononski prsten, dok zeaksantin ima dva β -iononska prstena. Lutein i zeaksantin su strukturni izomeri, ali ne i stereoizomeri jer imaju različit položaj dvostruke veze u krajnjem prstenu (Abdel-Aal i sur., 2013.).

Zbog jedinstvenih krajnjih funkcionalnih skupina, ovi karotenoidi su izrazito učinkoviti u uklanjanju slobodnih radikala (Liu, 2013.).



Slika 5. Lutein, kemijska struktura.

(Izvor: James D. Johnson Alumnus, Department of Chemistry Florida State University, Tallahassee, FL, USA, 2007.).



Slika 6. *Kemijska struktura luteina i zeaksantina.*

(Izvor: Arteni i sur., 2015.)

Kao i ostali karotenoidi lutein i zeaksantin su topivih u mastima, te se u crijevima ugrađuju u hilomikrone koji ga transportiraju do jetre. Poznato je da više od 50 % luteina u krvi prenose lipoproteini velike gustoće (HDL), dok ostatak raspoloživog luteina bude transportiran lipoproteinima male gustoće (LDL) i vrlo male gustoće (VLDL) (Wang i sur., 2007.).

U komercijalnom tovu pilića sadržaj ksantofila u obrocima varira i kreće se do 50 mg/kg smjese (Selvaraj i sur., 2006.). Pilići učinkovito mogu apsorbirati i iskoristiti do 57,7 mg karotenoida/kg hane (Koutsos i sur., 2003.). Nesilice ne mogu sintetizirati karotenoide koji su odgovorni za boju žumanjka. Stoga se isključivo putem hranidbe može utjecati na boju žumanjka i sadržaj karotenoida. U hranidbi nesilica često se koriste sintetski pigmenti kako bi se postigla odgovarajuća boja žumanjka (apo-8-ester za žutu boju) te kantaksantin i citranaksantin (za narančastu boju žumanjka) (Grashorn i Steinberg, 2002.).

Lutein se u hranidbi kokoši prvenstveno koristio u cilju pigmentacije žumanjka jaja i kože. Boja žumanjka nastaje kao vidljivi rezultat nakupljanja karotenoida i u direktnoj je vezi s koncentracijom pigmenata u hrani. Kako bi se postigla žuta boja žumanjka, u hrani se trebaju nalaziti žuti i crveni pigmenti. Prirodni izvori žutih karotenoida (luteina i

zeaksantina) su kukuruz, lucerna i kadifica (*Tagetes erecta*). Prirodni izvori crvenih karotenoida (kapsantin i kapsorubin) su oleoresini iz paprike, međutim često se koriste i već ranije spomenuti sintetski pigmenti. Boja žumanjka najčešće se mjeri korištenjem Rocheove lepeze. Boje na skali Rocheove lepeze su od 1 (svjetlo žuta) do 15 (tamno narančasta). Hernandez (2005.) navodi da je konzumentima u nekim državama EU boja žumanjka izrazito važan percipirani čimbenik kvalitete jaja (Francuska, Velika Britanija, Njemačka), dok u drugima nije presudan (Španjolska i Italija). Tako konzumenti u Velikoj Britaniji i Francuskoj preferiraju svjetliju boju žumanjka u odnosu na stanovnike Njemačke, Španjolske i Italije. Kod konzumnih jaja u RH Kralik i sur. (2006.) navode kako se vrijednosti boje žumanjka u prosjeku kreću od 12,76 do 13,08, što je na razini zahtjeva konzumenata Njemačke koji smatraju da je žumanjak kvalitetan kada mu je stupanj obojenosti između 12 i 14.

Sadržaj luteina u žumanjku jajeta može se povećati putem hranidbe (Leeson i Caston, 2004.). Zbog toga je moguće proizvesti kokošja jaja obogaćena luteinom i na taj način ponuditi potrošačima funkcionalnu namirnicu koja može imati pozitivan učinak na njihovo zdravlje. Jaje je bogati i balansirani izvor esencijalnih amino i masnih kiselina kao i nekih minerala i vitamina. Relativno lagano može se povećati sadržaj poželjnih masnih kiselina u jajima.

S obzirom da lutein ima antioksidativna svojstva, pretpostavka je da dodatkom luteina u hranu za perad možemo utjecati na povećanu stabilnost PUFA (polinezasićenih masnih kiselina) tijekom skladištenja i čuvanja peradarskih namirnica. Leeson i Caston (2004.), ističu kako se s povećanim dodavanjem luteina u smjesu za nesilice povećava i sadržaj luteina u žumanjku, ali do određene granice. Steinberg i sur. (2000.) također navode smanjenje učinkovitosti transfera luteina iz smjese u žumanjak.

Obogaćivanje jaja kokoši luteinom provedeno je u više istraživanja (Surai i Sparks, 2001.; Leeson i Caston, 2004.; Leeson i sur., 2007.). Sadržaj luteina u mesu i jajima značajno je povećan u odnosu na peradarske proizvode dobivene uobičajenom hranidbom pilića i nesilica. Problemi vezani uz transfer luteina iz smjese u peradarske proizvode su: izvor i kemijski oblik luteina (Wu i sur., 2009.), niski intenzitet prijenosa (od 2-3 % do 10 % luteina iz smjese prijeđe u žumanjak jajeta; (Grasshorn i Steinberg, 2002., Leeson i Caston, 2004.) i loša interakcija sa smjesama koje sadrže krmiva bogata s n-3 PUFA (Leeson i Caston, 2004.). Maksimalna preporučena količina luteina u smjesi je do 250

mg/kg smjese. S količinama luteina višim od navedenih ne dobivaju se očekivani pozitivni učinci njegove akumulacije u žumanjku jajeta (Kerep i sur., 2012.).

Povećanje sadržaja luteina u jajima moguće je i uporabom drugih prirodnih sastojaka bogatih luteinom. U istraživanju Hammershoj i sur. (2010.) nesilicama su u hranu dodali različite sorte mrkve. Sadržaj luteina u osnovnoj smjesi iznosio je 2,9 mg/kg, dok je u sorti ljubičaste mrkve utvrđen sadržaj luteina 6,5 mg/kg. Sadržaj luteina u žumanjcima jaja kokoši koje su konzumirale smjesu s dodatkom ljubičaste mrkve povećao se za 64 % u odnosu na kontrolnu skupinu. Sadržaj luteina u žumanjcima kontrolne skupine iznosio je 7,46 µg/g, a u pokusnoj skupini 12,23 µg/g.

Važno je pritom napomenuti da su istraživani učinci različitih postupaka kuhanja (ključanje, prženje, zagrijavanje u mikrovalnoj pećnici) na sadržaj ksantofila u žumanjcima jaja te je utvrđeno da termička obrada smanjuje sadržaj luteina i zeaksantina (Nimalaratne i sur., 2013.).

Lovreković (2017.) ističe da se sadržaj ukupnih-*trans* luteina u žumanjku smanjuje za 23 % ako se jaje kuha, za 19 % ukoliko se jaje prži i 17 % ukoliko se jaje zagrijava u mikrovalnoj pećnici.

Jang i sur. (2014.) su hranili nesilice tijekom pet tjedana kontrolnom smjesom i smjesama u koje su dodali komercijalni lutein (40 mg/kg) te sirovi ekstrakt špinata otopljen u uljima s lecitinom, u kojem je koncentracija luteina također bila 40 mg/kg hrane. Sadržaj luteina u žumanjku porastao je kod obje pokusne skupine. U skupini s komercijalnim luteinom zabilježeno je otprilike četiri puta više luteina u žumanjku nego u kontrolnoj skupini. Iako nisu utvrđene statistički značajne razlike između pokusnih skupina, u skupini s komercijalnim luteinom zabilježen je veći sadržaj luteina u žumanjku, te manja varijabilnost prosječnog sadržaja luteina u žumanjcima nego u skupini s ekstraktom špinata. Takvi rezultati sugeriraju da komercijalni lutein omogućuje učinkovitiji i ravnomjerniji prijenos luteina u žumanjak od ekstrakta špinata kod kokoši nesilica.

Wu i sur. (2009.) su istraživali bioiskoristivost slobodnog i esterificiranog oblika luteina u hranidbi nesilica. Nesilice su hranjene smjesama koje su sadržavale 15 mg slobodnog ili esterificiranog luteina/kg smjese kroz 14 dana. Istraživanje je pokazalo kako se koncentracija luteina u plazmi nesilica značajno povećala ($P < 0,05$) u obje skupine već

nakon tri dana hranidbe pri čemu su koncentracije luteina u plazmi nesilica bile veće u skupini sa slobodnim luteinom (1,90 µg/ml) u odnosu na esterificirani lutein (1,47 µg/ml). Objašnjenje ovih rezultata leži u činjenici kako se slobodni lutein iz hrane lakše apsorbira u crijevima u odnosu na esterificirani lutein, koji se prvo treba hidrolizirati prije apsorpcije u krvotok. Sedmog dana istraživanja nije bilo razlike u razinama luteina u plazmi kod nesilica koje su u hrani dobivale slobodni lutein u odnosu na treći dan. Međutim, u skupini s esterificiranim luteinom razina luteina u plazmi nesilica bila je različita ($P < 0,05$) sedmi u odnosu na treći dan (1,77 µg/ml 7. dan u odnosu na 1,47 µg/ml. 3. dan). Nakon 14. dana nisu zabilježene razlike ($P > 0,05$) između vrijednosti luteina u plazmi u odnosu na sedmi dan u oba tretmana. Autori zaključuju da oba oblika luteina dodanog u hranu nesilica povećavaju razinu luteina u plazmi na usporedivu razinu, ali predlažu uporabu esterificiranog oblika luteina u proizvodnji jaja obogaćenih luteinom zbog njegove bolje stabilnosti u odnosu na slobodni lutein (Grčević, 2015.).

Grčević (2015.) tvrdi kako se dodatkom luteina u smjese za kokoši nesilice jaja obogaćuju karotenoidom luteinom, koji je važan za zdravlje očiju, bez negativnog utjecaja na proizvodne pokazatelje i zdravlje nesilica te kvalitetu jaja. U kombinaciji s n-3 PUFA, koje su važne za zdravlje srca, krvnih žila i mozga, dobiva se namirnica koja svojim svojstvima odgovara definiciji funkcionalne namirnice.

6. ZAKLJUČAK

Modernizacija i intenzivni uzgoj životinja koje se najčešće hrane koncentriranom krmom, odnosno žitaricama bogatim nezasićenim masnim kiselinama, prije svega linolnom, dovela je do poremećaja odnosa n-6/n-3 PUFA u mesu tovljenih životinja i jajima kokoši nesilica, koji su pak doveli do unosa hrane nepovoljnog odnosa zasićenih i nezasićenih masnih kiselina, a koji mogu uzrokovati brojne zdravstvene tegobe. U cilju smanjenja učestalosti pojave kardiovaskularnih oboljenja te karcinoma u ljudi, od velike je važnosti esencijalne masne kiseline, ali i mikroelemente unositi u dovoljnim količinama u ljudski organizam. Ovo se može postići konzumacijom funkcionalne hrane, odnosno funkcionalnih proizvoda. U cilju stvaranja ovakvog proizvoda moguće je pribjeći različitim strategijama, pri čemu se modifikacija hrane za životinje pokazala iznimno učinkovitom.

Peradsko meso i jaja predstavljaju dobar izvor proteina i brojnih nutrijenata za ljudski organizam. Stoga ni ne čudi da modifikacija hrane upravo za perad u cilju stvaranja obogaćenog/funkcionalnog proizvoda i danas predstavlja jedan od vodećih izazova u znanosti i industriji hrane.

Brojna su istraživanja pokazala kako se modifikacijom hranidbe može postići ne samo povoljniji omjer nezasićenih i zasićenih masnih kiselina, već i proizvod (meso/jaje) sa višim sadržajem selena, luteina te vitamina E, koji prema svim definicijama zadovoljavaju kriterije funkcionalne hrane.

7. LITERATURA

1. Abdel-Aal, E. S. M., Akhtar, H., Zaheer, K., Ali, R. (2013.): Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. *Nutrients* 5:1169-1185.
2. Alfthan, G., Euroola, M., Ekholm, P., Venäläinen, E.R., Root, T., Korkalainen, K., Hartikainen, H., Salminen, P., Hietaniemi, V., Aspila, P., Aro, A. (2015.): From deficiency to optimal selenium status of the population. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 31:142-147.
3. Alves-Rodrigues, A. (2004.): Absorption of Lutein vs Lutein Esters: do we know the differences?, *Technical literature. Kermin*, 1-7.
4. Arteni, A. A., Fradot, M., Galzerano, D., Mendes-Pinto, M. M., Sahel, J. A., Picaud, S., ... & Pascal, A. A. (2015.): Structure and conformation of the carotenoids in human retinal macular pigment. *PLoS one*, 10(8), e0135779.
5. Bender, D.V., Krstev, S. (2008.): Makronutrijenti i mikronutrijenti u prehrani čovjeka. *Medicus* 17(1): 19-25
6. Barlow, S., Pike, I.M. (1991.): Humans, animals benefit from omega 3 polyunsaturated fatty acids. *Feedstuffs* 63(819):18-26.
7. Beker, D., Kršnjavi, H., Petrincec, Z. (1991.): Selenium levels in blood serum of female population in Zagreb. *Trace Elements in Medicine* 8(3):128-130.
8. Bertechini, A.G., Mazzuco, H. (2013.): The table egg: a review. *Ciência e agrotecnologia*, 37(2): 115-122.
9. Biltekoff, C. (2010.): Consumer response: 3e paradoxes of food and health. *Annals of the New York Academy of Science* 1190: 174-178.
10. Bošnjaković, A. (2017.): Antioksidansi i njihovi doprinosi zdravlju i ljepoti kože, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju.
11. Brigelius-Flohe, R., Traber, M.G. (1999.): Vitamin E: function and metabolism. *The FASEB Journal* 13:1145-1155.

12. Britton, G. (1995.): Structure and properties of carotenoids in relation to function. *The FASEB Journal* 9(15):1551-1558.
13. Brownlee, N.R., Huttner, J.J., Panganamala, R.V. (1977.): Role of vitamin E and glutathione-induced oxidant stress: Methemoglobin, lipid peroxidation and hemolysis. *Journal of Lipid Research* 18:635.
14. Cena, H., Roggi, C., Turconi, G. (2008.): Development and validation of a brief food frequency questionnaire for dietary lutein and zeaxanthin intake assessment in Italian women. *European Journal of Nutrition* 47:1-9.
15. Clydesdale, F. (2004.): Functional foods: Opportunities and challenges. *Food Technology* 58(12):35-40.
16. Chanmugam, P., Boudreau, M., Boutte, T., Park, R.S., Hebert, J., Berrio, L., Hwang, D. H. (1992.): Incorporation of Different Types of n-3 Fatty Acids Into Tissue Lipids of Poultry. *Poultry Science* 71(3):516-521.
17. Chow, C.K. (1979.): Nutritional influence on cellular antioxidant defense systems. *American Journal of Clinical Nutrition* 32:1066.
18. Combs, G.F. (2001.): Selenium in global food systems. *British Journal of Nutrition* 85:517-547.
19. Corino, C., Magni, S., Pagliarini, E., Rossi, R., Pastorelli G., Chiesa, L.M. (2002.): Effects of dietary fats on meat quality and sensory characteristics of heavy pig loins. *Meat Science* 60:1-8.
20. Cvrtila, Ž., Kozačinski, L., Hadžiosmanović, M., Milinović-Tur, S., Filipović, I. (2005): Značenje selena u mesu peradi. *Stočarstvo* 59(4):281.-287.
21. De Gómez Dumm, I.N., Brenner, R.R. (1975.): Oxidative desaturation of α -linolenic, linoleic, and stearic acids by human liver microsomes. *Lipids* 10:315-317.
22. Diplock, A.T., Aggett, P.J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E.B., Roberfroid, M.B. (1999): Scientific concepts of functional foods in Europe. Consensus document. *British Journal of Nutrition*, 81(1):1-27.

23. Dunnett, C.E. (2003.): Antioxidants in physiology and nutrition of exercising horses. In Lyons, T.P. and Jacques, K.P. (Editors) "Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries" Nottingham University Press, Great Britain, 439-448.
24. FAO (2021.): 2021. Meat market review: Overview of global meat market developments in 2020, March 2021. Rome, Italy
25. EC (2019.): EU agricultural outlook for markets and income, 2019-2030. European Commission, DG Agriculture and Rural Development, Brussels.
26. FAO (2019.): Prikaz razvoja globalne proizvodnje jaja u razdoblju od 2000. do 2018. godine u milijunima tona. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL> (12.05.2021.)
27. Fats of life (2015.): Prikaz EPA/DHA i ALA kiselina. Dostupno na <http://www.fatsoflife.com/pufa-december> (09.09.2020.)
28. Frewer, L., Scholderer, J., Lambert, N. (2003.): Consumer acceptance of Functional Foods: issues for the future. *British Food Journal* 10:714-730.
29. Functional Foods, The European Food Information Council, 06/2006, Dostupno na: www.eufic.org [pristupljeno 14. siječnja 2021.].
30. 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.
31. 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 Altering Serum Lipid and Lipoprotein Cholesterol Concentrations. *The Journal of Nutrition*, 136:2519-2524.
32. Grashorn, M.A., Steinberg, W. (2002.): Deposition rates of canthaxanthin in egg yolks. *Archiv für Geflügelkunde*, 66:258-262.
33. Grčević, M. (2015.): Obogaćivanje konzumnih jaja luteinom. Doktorski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

-
34. 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.
 35. Hargis, P.S., Van Elswyk, M.E. (1993.): Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *World's Poultry Science Journal* 49:251-264.
 36. Hammershoj, M., Kidmose, U., Steenfeldt, S. (2010.): Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of coloured carrot (*Daucus carota*) varieties as forage material for egg-laying hens. *Journal of the Food Science and Agriculture*, 90:1163-1171.
 37. Handelman, G.J., Nightingale, Z.D., Lichtenstein, A.H., Schaefer, E.J., Blumberg, J.B. (1999.): Lutein and zeaxanthin concentrations in plasma after dietary supplementation with egg yolk. *American Journal of Clinical Nutrition* 70:247-251.
 38. Hasler, C., Brown, A. (2009.): Position of the American Dietetic Association: Functional foods. *Journal of the American Dietetic Association* 109(4):735-746.
 39. Haug, A., Eich-Greatorex, S., Bernhoft, A., Wold, J.P., Hetland, H., Christophersen, O.A., Sogn, T. (2007.): Effect of dietary selenium and omega-3 fatty acids on muscle composition and quality in broilers. *Lipids in Health and Disease* 6:29.
 40. Hernandez, J.M. (2005.): European Consumer Surveys about Egg Quality: How to Improve the Nutritional Value. DSM Nutritional Products Europe Ltd., Basel, Switzerland.
 41. Higgins, F.M., Kerry, J.P., Buckley, D.J., Morrissey, P.A. (1998.): Effect of Dietary Tocopheryl Acetate Supplementation on-Tocopherol Distribution in Raw Turkey Muscles and Its Effect on the Storage Stability of Cooked Turkey Meat. *Meat Science* 50(3):373-383.
 42. Holub, B.J. (2002.): Clinical nutrition: 4. Omega-3 fatty acids in cardiovascular care. *Journal of Ayub Medical College Abbottabad* 166(5):608-615.

43. Hu, F.B., Stampfer, M.J., Rimm, E.B., Manson, J.E., Ascherio, A., Colditz, G.A., Rosner, B.A., Spiegelman, D., Speizer, F.E., Sacks, F.M., i sur. (1999.): A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. *JAMA- The Journal of the American Medical Association* 281:1387-1394.
44. IEC, International Egg Commission (2020.). Economic Report April 2018. Dostupno na: <https://www.internationalegg.com/> (10. 10 2020.).
45. Indeks Box (2020.): Poultry Market overview in Croatia. Dostupno na: <https://app.indexbox.io/report/0207h99/191/> (07. 07. 2021.)
46. Jang, I., Ko, Y., Kang, S., Kim, S., Song, M., Cho, K., Ham, J., Sohn, S. (2014.): Effects of Dietary Lutein Sources on Lutein-Enriched Egg Production and Hepatic Antioxidant System in Laying Hens. *The Journal of Poultry Science* 51:58-65.
47. Jiang, Y.H., McGeachin, R.B., Bailey, C.A. (1994.): Alpha-tocopherol, beta-carotene, and retinol enrichment of chic-ken eggs. *The Journal of Poultry Science* 73(7):1137-1143.
48. Jašić, M. (2010.): Biološki aktivni sastojci hrane. Univerzitet u Tuzli, Materijal uz predavanja, 65.
49. Johnson, E.J. (2004.): A biological role of lutein. *Food Reviews International* 20(1):1-16.
50. Johnson, J.D. (2007.): Lutein and Zeaxanthin. An Introduction to the Chemistry of Dietary Carotenoids. Dostupno na:
<http://www.chm.bris.ac.uk/motm/carotenoids/carotenoids.htm> (12. studenoga 2020.)
51. Johnson, E.J., Maras, J.E., Rasmussen, H.M., Tucker, K.L. (2010.): Intake of lutein and zeaxanthin differ with age, sex, and ethnicity. *Journal of the American Dietetic Association*, 110:1357-1362.
52. Karolyi, D. (2007.): Polinezasićene masne kiseline u prehrani i zdravlju ljudi. *Meso* 9:105-158.

-
53. Katz, D.L., Evans, M.A., Nawaz, H., Njike, V.Y., Chan, W., Comerford, B.P., Hoxley, M.L. (2005.): Egg consumption and endothelial function: A randomized controlled crossover trial. *International Journal of Cardiology* 99:65-70.
 54. Kerep, G., Škrtić, Z., Kralik, G., Kralik, Z., Križek, I., Grčević, M. (2012.): Lutein u hranidbi kokoši. *Krmiva* 54: 189-194.
 55. Koutsos, E.A., Clifford, A.J., Calvert, C.C., Klasing, K.C. (2003.): Maternal carotenoid status modifies the incorporation of dietary carotenoids into immune tissues of growing chickens (*Gallus gallus domesticus*). *Journal of Nutrition* 133:1132-1138.
 56. Kralik, G., Gajčević, Z., Suchý, P., Straková E., Hanžek D. (2009.): Effects of Dietary Selenium Source and Storage on Internal Quality of Eggs. *Acta Veterinaria Brno* 78:219-222.
 57. Kralik, G., Grčević, M., Gajčević-Kralik, Z. (2010): Animalni proizvodi kao funkcionalna hrana. *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme* 52(1):3.
 58. Kralik, G., Kralik, Z., Grčević, M., Škrtić, Z. (2012.): Obogaćivanje peradarskih proizvoda funkcionalnim sastojcima. *Poljoprivreda* 18(1):52-59.
 59. Kralik, G., Kralik, Z., Grčević, M., Kralik, I., Gartner, V. (2018.): Enrichment of table eggs with functional ingredients. *Journal of Central European Agriculture* 19(1):72-82.
 60. Kralik, G., Kralik, Z., Straková, E., Šperanda, M., Kralik, I., Strelec, I. (2015.): Influence of dietary replacement of sunflower oil with milk thistle (*Silybum marianum*) oil on chicken meat quality and antioxidant status of liver. *Acta Veterinaria Brno* 84:373-382.
 61. Kralik, G., Ivanković, S., Škrtić, Z. (2002.): Mijenjanje profila masnih kiselina u mišićnom tkivu brojlera. *Krmiva* 44(6):297-305.
 62. Kralik, G., Janječić, Z., Kralik, Z., Škrtić, Z. (2013.): Stanje u preradarstvu i trendovi njegova razvoja. *Poljoprivreda* 19(2):49-58.

-
63. Kralik, G., Margeta, V. (2002.): Utjecaj sastava obroka na sadržaj masnih kiselina u mišićnom i masnom tkivu svinja. *Krmiva* 44(5): 247-253.
 64. Kralik, G., Škrtić, Z., Gajčević, Z., Hanžek, D. (2007.): Utjecaj različitih ulja u hrani za nesilice na kakvoću jaja i sadržaj masnih kiselina u žumanjku jajeta. *Krmiva* 49(3):115-125.
 65. Kralik, G., Tolušić, Z., Gajčević, Z., Kralik, I., Hanžek, D. (2006.): Commercial quality evaluation of different weight-grade eggs. *Acta Agraria Kaposváriensis* 10(2):199-206.
 66. Kralik, Z., Grčević, M., Kralik, G., Hanžek D. (2019.): Važnost selena u hranidbi kokoši nesilica. *Krmiva* 61(1):17-22.
 67. Kralik, Z., Grčević, M., Radišić, Ž., Kralik, I., Lončarić, Z., Škrtić Z. (2016.): Effect of selenium-fortified wheat in feed for laying hens on table eggs quality. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 22(2):297-302.
 68. Kralik, Z., Išasegi, I. (2018.): Mogućnost korištenja selenom biofortificiranog kukuruza u hrani kokoši nesilica. *Krmiva* 60(1): 35-41.
 69. Kralik, Z., Jelić, J., (2017.): Dizajnirana jaja i njihova nutritivna svojstva. *Krmiva* 59:31-38
 70. Kralik, Z., Kralik, G., Škrtić, Z. (2014.): Utjecaj koncentracije selena u smjesama za piliće na prinos i kvalitetu mišićnog tkiva zabataka. *Poljoprivreda* 20(1):41-47.
 71. Kralik, Z., Lončarić Z. (2017.): Obogaćivanje jaja kokoši hrvaticice esencijalnim mikroelementima. Priručnik. Izvješće. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 29-34.
 72. Kralik, Z., Lovreković, M. (2018.): Utjecaj hranidbe na kvalitetu i obogaćivanje jaja funkcionalnim sastojcima. *Meso* 20:424-431.
 73. Koller, L.D., Exon J.H. (1986.): The two faces of selenium-deficiency and toxicity-are similar in animals and man. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 50:297-306.

-
74. 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.
 75. Leatherwood, P., Horisberger, M., James, W.P.T (eds.) (1993.): For a Better Nutrition in the 21st Century. Nestle Nutrition Workshop Series 27, Lausanne, Switzerland.
 76. Leeson, S., Caston, L. (2004.): Enrichment of Eggs with Lutein. *The Journal of Poultry Science* 86:1709-1712.
 77. Leeson, S., Caston, L., Namkung, H. (2007.): Effect of dietary lutein and flax on performance, egg composition and liver status of laying hens. *Canadian Journal of Animal Science* 87:365-372.
 78. Linus Pauling Institute (2018.): Niacin. Dostupno na: <https://lpi.oregonstate.edu/mic/vitamins/niacin> (01. 02. 2021.).
 79. Liu, R. H. (2013.): Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. *Advances in Nutrition: An International Review Journal* 4:384-392.
 80. Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N. (2010.): *Pharmacognosy Reviews* 4:118-126.
 81. Lončarić, Z., Ivezić, V., Kerovec, D., Popović, B., Karalić, K., Zebec, V., Rastija, D. (2018.): Selen u klima istočne Hrvatske. Knjiga sažetaka "Potencijal tla i zemljišnih resursa: ključne uloge znanosti i učinkovitih politika". Vukovar, Hrvatska, 10-14.09.2018. Ur. Romić, M., Rastija, D. & Popović, B. Hrvatsko tloznanstveno društvo, 10-10.
 82. Lončarić Z., Gross Bošković, A., Parađiković, N., Rozman, V., Kralik, Z., Baličević, R., Bursić, V., Miloš, S. (2015.): Utjecaj poljoprivrede na kakvoću hrane u pograničnome području. Priručnik. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska.
 83. Lovreković, M. (2017.): Kokoške jaje kao funkcionalna hrana. Završni rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

-
84. Lyons, M.P., Papazyan, T.T., Surai, P.F. (2007.): Selenium in Food Chain and Animal Nutrition: Lessons from Nature. *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences* 20(7):1135-1155.
 85. Mares-Perlman, J. A., Millen, A. E., Ficek, T. L., Hankinson, S. E. (2002.): The body of evidence to support a protective role for lutein and zeaxanthin in delaying chronic disease. *The Journal of Nutrition* 132:518-524.
 86. Mandić, M. (2007.): Znanost o prehrani: hrana i prehrana u čuvanju zdravlja. Prehrambeno tehnološki fakultet, Osijek.
 87. Marković, R., Baltić, M.Ž., Krstić, M., Drljača, A., Šperanda, M., Šefer, D., Grenda, T., Kwiatek, K. (2010.): Uporaba organskog oblika selena u cilju proizvodnje funkcionalne hrane. *Krmiva* 51 (5): 287-295.
 88. Marković, G., Lujic, J., Pantović, J., Radovanović, M., Mašković, P. (2014.): Biljna ulja u ishrani riba. 19. Savjetovanje o biotehnologiji Faculty of Agronomy, Čačak, pp. 435-439.
 89. 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. *The Journal of Poultry Science* 79:539-545.
 90. Miranda, J.M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J. A., Lamas, A., Franco, C.M., Cepeda, A. (2015.): Egg and egg-derived foods: effects on human health and use as functional foods. *Nutrients* 7:706-729.
 91. Mishra, V.K., Temelli, F., Ooraikul, B. (1993.): Extraction and purification of ω -3 fatty acids with an emphasis on supercritical fluid extraction. *Food Research International* 26(3): 217-226.
 92. Mistry, H.D., Broughton Pipkin F., Redman C.W.G., Poston L. (2012.): Selenium in reproductive health. *American Journal of Obstetrics & Gynecology* 206(1): 21-30.

-
93. Mohiti-Asli, M., Shariatmadari, F., Lotfollahian, H., Mazuji, M.T. (2008): Effects of supplementing layer hen diets with selenium and vitamin E on egg quality, lipid oxidation and fatty acid composition during storage. *Canadian Journal of Animal Science* 88: 475-483.
 94. Morrill R. The History of Selenium Research. Dostupno na <https://www.pharmanord.com.015%20Jan%202017-4.pdf> (09. 11. 2020.).
 95. National Institute of Health, (2009.): „Vitamin E Fact Sheet“. Dostupno na: <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminE> (03. 01. 2021.)
 96. Neil J. Stone (1996.): Fish Consumption, Fish Oil, Lipids, and Coronary Heart Disease. American Heart Association. Dostupno na <https://academic.oup.com/ajcn/article/65/4/1083/4655645> (13. 09. 2020.).
 97. Nimalaratne, C., Wu, J., Schieber, A. (2013.): Egg yolk carotenoids: Composition, analysis, and effects of processing on their stability. In *Carotenoid Cleavage Products*; American Chemical Society: Washington, DC, USA, 2013, 1134: 219–225.
 98. Omid, M., Rahimi, S., Torshizi, M.A.K. (2015.): Modification of egg yolk fatty acids profile by using different oil sources. *Veterinary Research Forum (VRF)*, 6(2): 137-141.
 99. Pavlović, Z., Miletić, I., Jokić, Z., Pavlovski, Z., Skrbić, Z., Sobajić, S. (2009.): Effect of level and source of dietary selenium supplementation on eggshell quality. *Biological Trace Element Research Journal* 133(2): 197-202.
 100. Payne, R.L., Southern, L.L. (2005.): Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. *The Journal of Poultry Science* 84: 898-902.
 101. Payne, R.L., Lavergne, T.K., Southern, L.L. (2005.): Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration. *The Journal of Poultry Science* 84(2): 232-237.

-
102. Pérez-Corona, M.T., Sánchez-Martínez, M., Valderrama, M., Rodríguez, M.E., Cámara, C., Madrid, Y. (2011.): Laboratory-scale experiments. *Food Chemistry* 124: 1050-1055.
 103. Perić, L., Rodić, V., Milošević, N. (2011.): Production of poultry meat and eggs as functional food-challenges and opportunities. *Biotechnology in Animal Husbandry* 27(3):511-520.
 104. Poultrytrends (2020.): Global poultry production and consumption projection in metric tonnes. Dostupno na https://www.poultrytrends.com/poultrytrends/poultry_trends_2020?pg=NaN#pgNaN (11.05.2021.)
 105. Rayman, M.P. (2000.): The importance of selenium to human health. *Lancet* 356:233-241.
 106. Rayman, M.P. (2012.): Selenium and human health. *Lancet* 379:1256-1268.
 107. Roberfroid, M.B. (2000.): Defining Functional Foods. *Functional Foods*, 9: 9-27. e.
 108. Roodenburg, A.J., Leenen, R., van het Hof, K.H., Weststrate, J.A., Tijburg, L.B. (2000.): Amount of fat in the diet affects bioavailability of lutein esters but not of alpha-carotene, beta-carotene, and vitamin E in humans. *American Journal of Clinical Nutrition* 71(5): 1187-1193.
 109. Russo, G.L., (2009.): Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochemical Pharmacology* 77: 937-946.
 110. Schwarz, K., Foltz, C.M. (1958): Factor 3 activity of selenium compounds. *The Journal of Biological Chemistry (JBC)* 233: 245
 111. Selvaraj, R.K., Koutsos, E.A., Calvert, C.C., Klasing, K.C. (2006.): Dietary lutein and fat interact to modify macrophage properties in chicks hatched from carotenoid deplete or replete eggs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90: 70-80.

-
112. Shahryar, H.A., Salamatdoust, R., Chekani-Azar, S., Ahadi, F., Vahdatpoor, T. (2010.): Lipid oxidation in fresh and stored eggs enriched with dietary 3 and 6 polyunsaturated fatty acids and vitamin E and A dosages. *African Journal of Biotechnology* 9(12): 1827-1832.
 113. Sies, H., Stahl, W. (2003.): Non-nutritive bioactive food constituents of plants: Lycopene, lutein and zeaxanthin. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 73: 95-100.
 114. Simopoulos, A.P. (2009.): Evolutionary aspects of the dietary omega-6:omega-3 fatty acid ratio: medical implications. *World Review of Nutrition and Dietetics* 100: 1-21.
 115. Skřivan, M., Šimáně, J., Dlouhá, G., Doucha, J. (2006.): Effect of dietary sodium selenite, Se-enriched yeast and Se-enriched alga *Chlorella* on egg Se concentration, physical parameters of eggs and laying hens production. *Czech Journal of Animal Science* 51: 163-167.
 116. Skřivan, M., Dlouha, G., Mašata, O., Ševčíkova, S. (2008.): Effect of dietary selenium on lipid oxidation, selenium and vitamin E content in the meat of broiler chickens. *Czech Journal of Animal Science*, 53 (7):306-311.
 117. Skřivan, M. (2009.): Zvýšení obsahu selenu ve vejcích. Prague, Institute of Animal Science.
 118. Slencu, B.G., Ciobanu, C., Cuciureanu, R. (2012.): Selenium content in foodstuffs and its nutritional requirement for humans. *Clujul Medical* 85: 139-145.
 119. Spence, J.D., Jenkins, D.J., Davignon, J. (2010.): Dietary cholesterol and egg yolks: Not for patients at risk of cardiovascular disease. *The Canadian Journal of Cardiology (CJC)* 26: 336-339.
 120. Steinberg, W., Grashorn, M.A., Klünter, A.M., Schierle, J. (2000.): Comparative pigmentation efficiency of two products containing either apo-ester or tagets extracts in egg yolks and liquid eggs. *Archiv für Geflügelkunde* 64: 1-8.

-
121. Sturniolo, G., Mesa J. (2013.): Selenium supplementation and autoimmune thyroid diseases. *Society of Endocrinology and Nutrition* 60(8): 423-426.
 122. 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.
 123. Surai, P.F., Sparks, N.H.C. (2001.): Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends in Food Science and Technology* 12: 7-16.
 124. Surai, P.F., Dvorska, J.E. (2002.): Effect of selenium and vitamin E content of the diet on lipid peroxidation of breast muscle tissue of broiler breeder hens during storage. *Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium, 2002.* pp 187-192.
 125. Surai, P.F. (2002.): *Natural Antioxidants in Avian Nutrition and Reproduction.* Nottingham United Kingdom. Nottingham University Press. UK
 126. Surai, P.F. (2006.): *Selenium in Nutrition and Health.* Nottingham United Kingdom. Nottingham University Press. UK.
 127. Ševčíková S., Skřivan, M., Dlouhá, G., Koucký, M. (2006.): The effect of selenium source on the performance and meat quality of broiler chickens. *Czech Journal of Animal Science* 51: 449-457.
 128. Škrtić, Z., Kralik, G., Gajčević, Z., Bogut, I., Hanžek, D. (2007.): The increase of the n-3 PUFA content in eggs. *Poljoprivreda* 13: 47-52.
 129. Tan, J.W., Joshi, P. (2014.): Egg allergy: An update. *The Journal of Paediatrics and Child Health* 50: 11-15.
 130. Tapiero, H., Townsend, D.M., Tew, K.D. (2003.): *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 57: 134-144.
 131. USDA National Nutrient Database, Standard Reference (2012.): *Nutritivne vrijednosti mesa brojlera s kožom.* Dostupno na: <https://fdc.nal.usda.gov/> (19. 01. 2021.).

-
132. USDA (2013.): Sadržaj α -linolenske kiseline u pojedinim namirnicama. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2013) USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. Nutrient Data Laboratory Home Page. Dostupno na <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl> (10.04.2021.)
133. U.S. Food and Drug Administration FDA (2010.): Selenium, DRI (Daily Reference Intakes) vrijednosti preporučenog dnevnog unosa selena.
134. Uredba Komisije (EU) br. 116/2010 od 9. veljače 2010. o izmjeni Uredbe (EZ) br. 1924/2006 Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu popisa prehrambenih tvrdnji. Dostupno na <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:32010R0116> (08.03.2021.)
135. Van het Hoff, K.H. (2000.): Dietary Factors That Affect the Bioavailability of Carotenoids. *Journal of Nutrition* 130:503-506.
136. Vass, N., Czeglédi, L., Javor, A. (2008.): Significance of functional foods of animal origin in human health. *Lucrări științifice Zootehnie și Biotehnologii* 41(2): 263-268.
137. Vezilić, M., (2020.). Osnovne informacije o pravilnoj prehrani. Dostupno na: <https://www.zzjzdnz.hr/zdravlje/hrana-i-zdravlje/300> (12. 11. 2020.).
138. Zouari, N., Elgharbi, F., Fakhfakh, N., Ben Bacha, A., Gargouri, Y., Miled, N. (2010.): Effect of dietary vitamin E supplementation on lipid and colour stability of chicken thigh meat. *African Journal of Biotechnology* 9(15): 227-228.
139. Wang, W., Connor, S.L., Johnson, E., Klein, M.L., Connor, W.E. (2007.): Effect of Dietary Lutein and Zeaxanthin Plasma Carotenoids and Their Transport in Lipoproteins in Age-Related Macular Degeneration. *American Journal of Clinical Nutrition* 85: 762-769.
140. Wasowicz, W., Gromadzinska, J., Rydzynski, K., Tomczak, J. (2003.): Polish experience. *Toxicology Letters* 137: 95-101.

141. Wood, J.D., Sheard, P.R., Enser, M., Nute, G.R., Richardson, R.I., Gill, B.P. (1999.): Increasing the n-3 polyunsaturated fatty acid content of pigmeat and effects on meat quality. Proceedings of 45 International Congresses of Meat Science and Technology (ICoMST), Yokohama, Japan, pp 672-673.
142. Workouts Empire (2021.): Vitamini u piletini – podaci o prehrani za morsku hranu, meso i perad. Dostupno na: <https://hr.workoutsempire.com/vitamins-chicken> (10.02.2020).
143. 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.
144. Young, A.J., Lowe, G.M. (2001.): Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. Archives of Biochemistry and Biophysics 385: 20-27.
145. 123RF (2015.): Kemijska struktura molekule vitamina. Dostupno na: <https://previews.123rf.com/images/liliya4/liliya41807/liliya4180700036/114761515-alpha-tocopherol-vitamin-e-molecule-structural-chemical-formula-and-molecule-model-vector-illustrati.jpg> (11.12.2020.).

8. SAŽETAK

Porastom životnog standarda ljudi povećava se i njihova sklonost prema pravilnoj prehrani. Pored osnovne uloge osiguravanja dovoljnih količina hranjivih tvari za podmirenje osnovnih životnih potreba, sve više se promatra i proučava fiziološki i psihološki utjecaj hrane na zdravlje ljudi. Sve je veći broj znanstvenih tvrdnji koje podupiru tezu da određene prehrambene bioaktivne komponente imaju blagotvorne fiziološke i psihološke učinke na naš organizam te se stoga hrana za koju je dokazano kako doprinosi ljudskom zdravlju naziva se *funkcionalna hrana*. Posljednjih godina povećano je zanimanje potrošača kao i prehrambene industrije za funkcionalnu prehranu, te njenu dobrobit u održavanju ljudskog zdravlja.

Najvažniji funkcionalni sastojci jaja i mesa peradi su omega-3 masne kiseline, selen, vitamin E, lutein i zeaksantin. Danas je poznato više strategija koje omogućavaju inkorporaciju ovih sastojaka u finalni proizvod, no najviše obećava i stoga najčešće upotrebljavana je upravo strategija modifikacije hranidbenog obroka u cilju stvaranja dizajniranog proizvoda.

Cilj ovog specijalističkog rada je dati kritički osvrt na omega-3 masne kiseline, selen, vitamin E, lutein i zeaksantin u mesu i jajima peradi, te dati pregled najnovijih postignuća u njihovoj inkorporaciji u navedene proizvode.

Sve navedeno biti će koristan izvor informacija proizvođačima koji u svoju proizvodnju žele uključiti i proizvodnju funkcionalnih proizvoda od mesa i jaja peradi.

9. SUMMARY

As people's standard of living rises, so does their focus on healthy food. In addition to the basic role of ensuring a sufficient amount of nutrients, its positive physiological and psychological impact on human health is increasingly being observed and studied. There are increasing number of studies supporting the thesis that certain bioactive components have beneficiary physiological and psychological impact on human health. Food for which it has been proven to improve human health is called *functional food*. In last years an increase of consumer and food industry interest on functional food and its impact on human health can be observed.

The most important functional ingredients of poultry meat and eggss are omega-3-fatty acids, selenium, vitamin E, lutein and carnosine. Today there are a number of strategies enabling incorporation of these compounds into the final product known, however the most promising and mostly used is modification of feed in order to make a designer product.

The aim of this thesis is to give an overview on omega-3-fatty acids, selenium, vitamin E, lutein and zeaxanthyne in poultry meat and eggs and the newest achievements in incorporation of these compounds into these animal products.

This can serve as a good information source to producers who wish to implement into their production also the production of functional commodities made from poultry meat and eggs.

10. ŽIVOTOPIS

Stjepan Vidić, dipl. ing. agr., rođen je 28. kolovoza 1974. godine u Donjoj Dubici, općina Odžak, Bosna i Hercegovina, oženjen, otac dvoje djece. Osnovnu školu nižih razreda pohađao je u Gornjoj Dubici, viših razreda u Donjoj Dubici, općina Odžak, BiH, a srednju strojarsko-tehničku školu u Bosanskom Šamcu i Osijeku.

Sudionik je domovinskog rata još kao maloljetni hrvatski branitelj, zaposlen u MORH-u kao djelatni časnik OSRH, gdje je kao pripadnik 3. gardijske brigade „Kune“ i gardijske oklopno-mehanizirane brigade obnašao različite dužnosti od zapovjednika voda, zapovjednika satnije, voditelja operativnog Pododsjeka (S-3) i zamjenika zapovjednika oklopno-mehanizirane bojne „Sokolovi“.

Završio je Temeljnu i Naprednu časničku izobrazbu na Časničkoj školi „Andrija Matijaš Pauk“, te Intergransku zapovjedno stožernu izobrazbu (IZSI) u Zapovjedno stožernoj školi „Blago Zadro“ u Centru vojnih škola „Petar Zrinski“ na Hrvatskom vojnom učilištu „dr. Franjo Tuđman“ u Zagrebu.

Na Poljoprivrednom Fakultetu u Osijeku 2001. godine završio je stručni dodiplomski studij Poljoprivrede, smjer Stočarstvo i stekao višu stručnu spremu i stručni naziv inženjer poljoprivrede, smjer Stočarstvo, a 2011. godine na istom fakultetu sveučilišni dodiplomski studij smjer Zootehnika i stekao visoku stručnu spremu i stručno zvanje diplomirani inženjer poljoprivrede smjera zootehnika.

Budući da ustrojbeno mjesto, čin i dužnost koju obnaša, a i daljnji profesionalni razvoj i napredovanje u službi u OSRH zahtijevaju stalno vojno-stručno i civilno usavršavanje i obrazovanje, pored konstantnog vojno-stručnog usavršavanja i obrazovanja kroz rad i školovanja na Hrvatskom vojnom učilištu „dr. Franjo Tuđman“ nastavlja i daljnje civilno obrazovanje na poslijediplomskom specijalističkom studiju na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, gdje je 2015. godine upisao poslijediplomski specijalistički studij „Kakvoća i sigurnost animalnih proizvoda“. Govori engleski, a služi se ruskim jezikom.
