

Komparativna analiza profila masnih kiselina u jajima različitih vrsta peradi

Križanec, Helena

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:961792>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Helena Križanec

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Zootehnika

**Komparativna analiza profila masnih kiselina u jajima
različitih vrsta peradi**

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Helena Križanec

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Zootehnika

**Komparativna analiza profila masnih kiselina u jajima
različitih vrsta peradi**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Izv.prof.dr.sc. Zlata Kralik, mentorica
2. Prof.dr.sc. Zoran Škrtić, član
3. Doc.dr.sc. Danijela Samac, članica

Osijek, 2021.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, Smjer Zootehnika
Helena Križanec

Završni rad

Komparativna analiza profila masnih kiselina u jajima različitih vrsta peradi

Sažetak: Jaja su vrlo kvalitetna animalna namirnica koja se sastoji od ljuske, bjelanjka i žumanjka. Razlika u pokazateljima kvalitete jaja kokoši, fazana i prepelica uočena je kod mase jaja i mase osnovnih dijelova jaja. Fazanska jaja imala su najčvršću ljusku (4,090 kgf), dok je debljina ljuske bila najbolja kod jaja kokoši (0,426 mm). Boja žumanjka bila je ujednačena kod kokošnjih i prepeličnih jaja ($K=11,85$; $O=11,65$ i $P=11,80$), dok je kod fazanskih jaja intenzitet boje žumanjka bio nešto slabiji ($F=9,80$). pH žumanjaka i bjelanjaka bili su ujednačeni kod svih ispitivanih jaja, a vrijednosti upućuju da su jaja nakon nesenja skladištena nekoliko dana. Udio bjelanjka bio je značajno veći kod kokošnjih jaja u odnosu na jaja fazana i prepelice ($P<0,05$). Udio žumanjka bio je veći ($P<0,05$) kod jaja fazana i prepelice u odnosu na kokošja jaja, dok je udio ljuske bio značajno manji kod jaja prepelica i fazana u odnosu na omega kokošja jaja ($P<0,05$). Sadržaj kolesterola u ispitivanim jajima bio je ujednačen ($P=0,246$). Najpovoljniji omjer masnih kiselina n6/n3 PUFA utvrđen je kod omega kokošnjih jaja, dok je kod ostalih jaja omjer bio značajno veći ($P<0,05$). Oksidacija masti u žumanjcima jaja značajno je veća kod kokošnjih i fazanskih jaja u odnosu na jaja prepelica ($P<0,05$). S obzirom da su rezultati pokazali da je omjer masnih kiselina u omega kokošnjim jajima najpovoljniji ostavlja se prostor proizvođačima fazanskih i prepeličnih jaja da korekcijom hranidbe pokušaju povećati sadržaj omega-3 PUFA u jajima kako bi jaja mogli plasirati na tržište prehrambenih proizvoda kao obogaćena jaja.

Ključne riječi: jaja, perad, masne kiseline

26 stranica, 3 tablice, 4 grafikona, 10 slika, 36 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Zootechnique

BSc Thesis

Comparative analysis of fatty acid profiles in eggs of different poultry species

Summary: Eggs are a very high quality animal food that consists of shell, egg white and yolk. Differences in the quality indicators of hens, pheasants and quails were observed in the weight of eggs and the weight of basic parts of eggs. Pheasant eggs had the strongest shell (4,090 kgf), while shell thickness was best in hen eggs (0.426 mm). The color of the yolk was uniform in hens and quail eggs ($K = 11.85$; $O = 11.65$ and $P = 11.80$), while in pheasant eggs the intensity of the yolk color was slightly lower ($F = 9.80$). The pH of the yolks and egg whites were uniform in all tested eggs, and the values indicate that the eggs were stored for several days after laying. The proportion of egg white was significantly higher in hen eggs compared to pheasant and quail eggs ($P < 0.05$). The share of yolk was higher ($P < 0.05$) in pheasant and quail eggs in relation to hen eggs, while the share of shell was significantly lower in quail and pheasant eggs compared to omega hen eggs ($P < 0.05$). The cholesterol content in the tested eggs was uniform ($P = 0.246$). The most favorable ratio of fatty acids n6 / n3 PUFA was found in omega chicken eggs, while in other eggs the ratio was significantly higher ($P < 0.05$). Fat oxidation in egg yolks was significantly higher in hen and pheasant eggs compared to quail eggs ($P < 0.05$). Since the results showed that the ratio of fatty acids in omega chicken eggs is the most favorable, there is room for pheasant and quail egg producers to try to increase the content of omega-3 PUFA in eggs by correcting the diet so that eggs can be marketed as fortified eggs.

Keywords: eggs, poultry, fatty acids

26 pages, 3 table, 4 graph, 10 figure, 36 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. Proizvodna obilježja kokoši, fazana i prepelica.....	2
2.2. Građa i sastav jaja	5
2.3. Pokazatelji vanjske i unutarnje kvalitete jaja.....	8
2.4. Masne kiseline u jajima	10
3. MATERIJAL I METODE	11
3.1. Kvaliteta jaja različitih vrsta peradi	13
3.2. Profil masnih kiselina u žumanjcima jaja različitih vrsta peradi	14
3.3. Kolesterol u jajima različitih vrsta peradi	14
3.4. Oksidacija lipida u žumanjcima jaja različitih vrsta peradi	15
3.5. Statistička obrada podataka	16
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	17
5. ZAKLJUČAK.....	23
6. POPIS LITERATURE.....	24

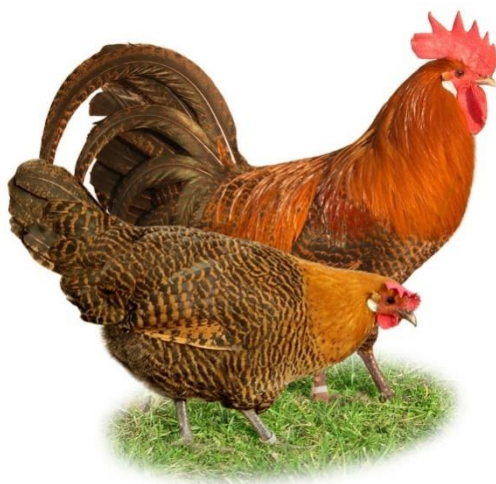
1. UVOD

Jaja sadrže vrlo kvalitetne hranjive sastojke. Proizvode se po cijelom svijetu. Kvaliteta jaja uvjetuje njegovo prihvaćanje od strane potrošača. Kada se opisuje kvaliteta jaja onda se prvenstveno misli na nekoliko pokazatelja, uključujući čistoću, čvrstoću i debljinu ljuske, oblik i masu jaja, boju žumanjka, pH vrijednosti bjelanjka i žumanjka, Haugh jedinice, visinu bjelanjka te indeks žumanjka (Narushin, 1997.). Također važan pokazatelj kvalitete jaja je i njegov kemijski sastav. Ukoliko promatramo samo djelovanje konzumiranog jaja kao hrane na zdravlje konzumenta, tada nam je važan sastav masnih kiselina i sadržaj kolesterola u žumanjcima, jer utječe na funkciju kardiovaskularnog sustava kod ljudi (Simopoulos, 2016., Stupin i sur., 2018.). Masne kiseline su elementi staničnih membrana koji utječu na propusnost hranjivih sastojaka u stanicu (Ziemlański, 1997.). U zadnje vrijeme puno se pozornosti posvećuje ulozi polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) u ljudskoj prehrani. Posebno su važne omega-3 (n-3) masne kiseline i to eikosapentaenska (EPA) i dokozaheksaenska (DHA). Ove omega-3 masne kiseline važne su u prehrani ljudi, jer se ne mogu sintetizirati u organizmu nego ih je nužno unijeti prehranom (Pisulewski, 2000.). Omjer PUFA n-6/PUFA n-3 u ljudskoj prehrani vrlo je poremećen upravo zbog konzumacije takozvane „brze hrane“ koja je bogata zasićenim masnim kiselinama. Konzumacija ove hrane dovela je do neravnoteže u omjeru n-6/n-3 PUFA, koji se sa 1:1 ili 4:1 (optimalni omjer) povećao na 20:1 (Alagawany i sur., 2019.). U kokošjim jajima konvencionalnog sastava ovaj omjer kreće se od 10,65 pa sve do 14,2 (Kaźmierska i sur., 2005., Kralik i sur., 2020.). U peradarskoj proizvodnji dizajniranjem krmnih smjesa za kokoši može se utjecati na omjer n-6 PUFA/n-3 PUFA u konzumnim jajima (Kralik i sur., 2020.). Tako su na tržištu u ponudi takozvana omega-3 jaja. Osim kokošnjih jaja na tržištu se mogu kupiti i jaja ostalih vrsta domaće peradi (patke i pure), nešto rjeđe se mogu naći guščja jaja, dok su jaja prepelica i fazana većinom namijenjena reprodukciji, no u nekim restoranima i ona se mogu konzumirati kao poseban specijalitet. Upravo radi te činjenice profil masnih kiselina u jajima ostalih vrsta peradi nije toliko u fokusu znanstvenih istraživanja. Stoga je cilj ovog rada usporediti sadržaj kolesterola i profile masnih kiselina u jajima različitih vrsta peradi, te prikazati kvalitetu jaja kao i oksidaciju lipida u žumanjcima.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Proizvodna obilježja kokoši, fazana i prepelica

Kokoši (*Gallus domesticus*) vodeća su perad za proizvodnju konzumnih jaja. Nakon udomaćivanja divlje kokoši nastalo je niz pasmina koje su se međusobno razlikovale prema obliku i različitim varijacijama u boji i izgledu perja, ali i u proizvodnim pokazateljima (proizvodnja jaja). Kokoši žive u jatima. Jato se sastoji od jednog mužjaka s pripadajućim brojem ženki (od 10-15 ženki, ovisno o pasmini odnosno hibridu). Broj peradi s godinama se povećavao zbog sve većih potreba za peradarskim proizvodima, što je uvjetovala stvaranje visokoproduktivnih hibrida na kojima se bazira današnja peradarska proizvodnja. Laki hibridi kokoši za proizvodnju konzumnih jaja imaju genetsku predispoziciju da tijekom proizvodnog ciklusa koji traje 12 mjeseci proizvedu preko 300 jaja. Na tržištu postoje nesilice koje nesu jaja bijele boje ljuske (Lohmann White, Isa White, Hisex White) te nesilice koje nesu jaja smeđe boje ljuske (Tetra SL, Lohmann Brown, Isa Brown). Na samom početku proizvodnje jaja su sitnija, obično do 48,1 g, te se njihova masa starenjem kokoši povećava. Jaja se tijekom proizvodnog ciklusa svrstavaju u razrede, te najveći broj jaja nesilice pripada L razredu (63-73 g) oko 64,2 %. Jaja hibridnih nesilica M klase (53-63 g) su zastupljena sa 21,3 %, razred XL (>73 g) bude zastupljen sa 14,12% a najmanji udio 0,3% zauzmu jaja S razreda (manje od 53 g).



Slika 1. Domaća kokoš (*Gallus domesticus*)

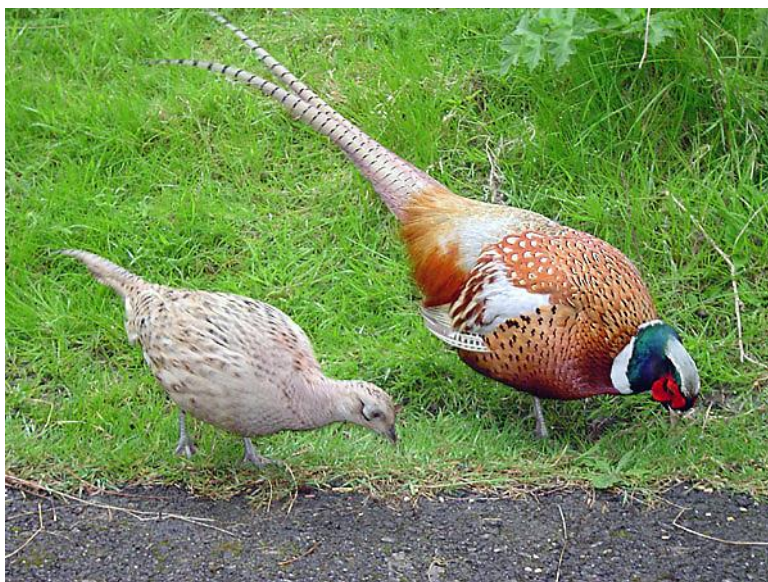
Izvor:https://hr.wikipedia.org/wiki/Doma%C4%87a_koko%C5%A1



Slika 2. Kokoš hibrida Tetra SL

Izvor:<https://www.wattagnet.com/directories/290-agriculture-products/listing/3088-tetra-americana-tetra-brown>

Fazani (*Phasianus colchicus*) su potporodica ptica iz reda kokoški (*Galliformes*) poznati i pod nazivom gnjetlovi. U Europi nije bilo divljih fazana sve dok ih nisu ljudi prenijeli iz područja Kaspijskoga jezera. U Europskim zemljama fazani se uzgajaju isključivo kao lovna divljač. Takvim uzgojem stvorena je mješavina od nekoliko pasmina pa prema tome razlikujemo fazane s bijelom ogrlicom i one bez ogrlice. Fazani s bijelom ogrlicom se nazivaju grivnjasti fazani (*Phasianus torquatus*), a oni bez ogrlice su obični fazani (*Phasianus colchicus*). Fazani su zbijena duguljasta tijela, male glave i jakih nogu. Kod fazana vrlo je izražen spolni dimorfizam, odnosno mužjaci su intenzivnijih boja (šareno perje metalnoga sjaja), te dugih repnih pera, imaju rožnatu ostrugu na pisnici. Ženke su vizualno neprimjetnih zemljanih tonova perja te se lijepo uklapaju u prirodu što im daje bolju prilagodbu i zaštitu od neprijatelja (Slika 3). Noć provode na stablima, a gnijezde se na tlu. Pretežno se hrane biljem i zrnavljem. Spolno su zreli sa 8-10 mjeseci i ženke nesu do 20 jaja u proljetnom nesenu. Prosječno fazanke nesu od 8 do 15 jaja. Inkubacija fazanskih jaja traje od 22 do 28 dana. Valivost fazanskih jaja u prirodi iznosi 90%, a prosječna oplodjenost 96%. Pilići fazana su nakon valjenja osjetljivi te nije neobično da mortalitet u prvim danima bude visok. Radi bolje zaštite i smanjenja mortaliteta fazanerije za razmnožavanje koriste inkubatore. Za potrebe lovačkih društava, fazanerije se bave uzgojem fazana te podmladak koji vale u inkubatorima „podivljavaju“ i prodaju u lovišta.



Slika 3. Par fazana

Izvor:

https://bs.wikipedia.org/wiki/Fazan#/media/Datoteka:Male_and_female_pheasant.jpg

Prepelica (*Coturnix coturnix*) je mala ptica (najmanja iz reda kokoški) duga svega oko 17 cm, težine od 95 do 150 g. Najčešća staništa su joj žitna polja, ravnice i livade. U prirodnom okruženju prepelicu je teško uočiti jer više hoda no što leti i skriva se u zelenilu. U lovištima su jedna od vrlo traženih ptica za odstrel, stoga se uzgajivači potiču na njihov uzgoj za lovišta. Kontroliranom selekcijom prepelica u gospodarskom uzgoju poboljšala se nesivost, tovnost i kvaliteta mesa. Prepelice su poznate po svojim kaloričnim jajima i mesu visoke nutritivne vrijednosti. Seleksijskim postupcima utjecalo se i na njihovu ranu zrelost. Prepelice su spolno zrele i prije 7. tjedana starosti. Uzgoj prepelica uz pridržavanje tehnoloških mjera (optimalan režim svjetla, temperaturom, vlažnošću zraka, ventilacijom, gustoćom naseljenosti te izbalansiranom hranidbom) rezultirati će godišnjom proizvodnjom od 270-280 komada jaja (Milošević i sur. 2013). Sezona parenja prepelica traje tijekom mjeseca svibnja i karakteristično je ponašanje mužjaka da ne trpi druge mužjake tijekom zavodjenja ženki. U gnijezdu prepelica, koje je napravljeno od trave, polaže 7-14 jaja. Inkubacija prepeličjih jaja traje do 20 dana. Prepelice su brižljive majke te ponekad mogu prihvatiti i odgojiti tuđe ptiće. Nakon valjenja, mladi su uz majku oko 3 tjedna, te nakon toga postaju samostalni. Okusom su prepeličja jaja slična kokošnjim. Prepeličja jaja imaju malo manje kolesterola od kokošnjih jaja.

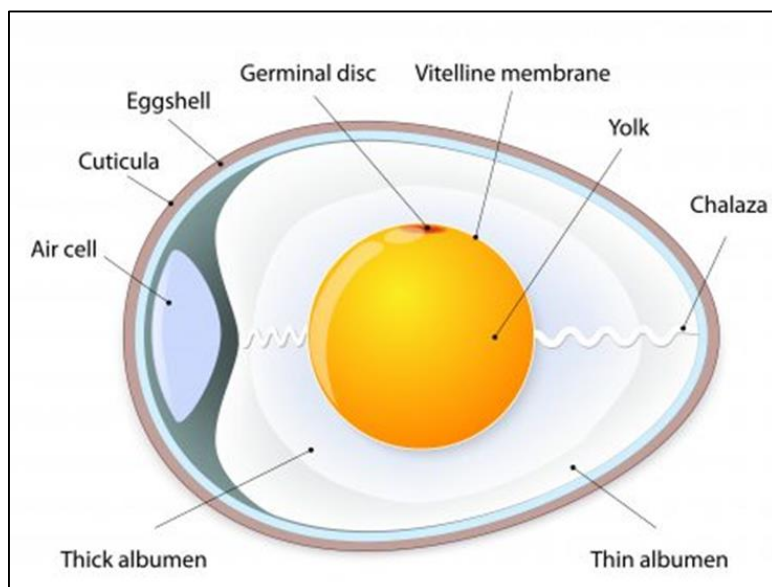


Slika 4. Prepelica (*Coturnix coturnix*)

Izvor: <https://www.wikiwand.com/sr/Prepelica>

2.2. Građa i sastav jaja

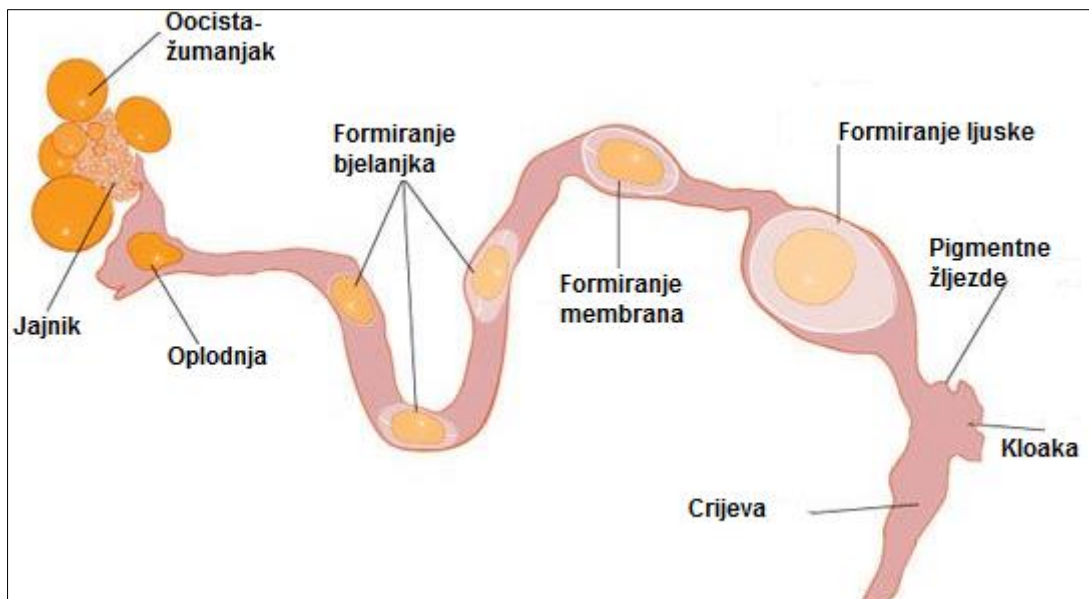
Jaja su od uvijek bila simbol plodnosti, blagostanja, postanka odnosno rađanja novog života. Za formiranje kokošnjeg jaja treba vremena, 25-27 sati, jer je to složen proces na kojega utječe neurohormonalni kompleks kokoši. Jaje se formira u spolnim organima kokoši. Osnovna građa svakog jaja je ljuska, bjelanjak, žumanjak (Slika 5).



Slika 5. Građa jajeta

Izvor: <https://www.mypetchicken.com/backyard-chickens/chicken-help/What-is-a-fertilized-chicken-egg-H327.aspx>

Ukoliko su u jatu samo ženke, i nema gaženja jaja su neoplođena. Proizvodnja neoplođenih jaja odvija se na farmama koje drže nesilice za proizvodnju konzumnih jaja. Spolni organi peradi se sastoje od jajnika na kojemu se nalaze jajne stanice u različitim fazama zrelosti i jajovoda u kojemu nakon ovulacije jajne stanice nastaju bjelanjak i ljuska. Jajovod se sastoji od 5 dijelova: infundibuluma, magnuma, isthmusa, uterusa i vagine, koja prelazi u kloaku (Slika 6).



Slika 6. Formiranje jaja u jajovodu ženke

Izvor: <https://www.cappersfarmer.com/farm-and-home/poultry/mommy-where-do-eggs-come-from/>

Poslije ovulacije jajna stanica iz jajnika prelazi u ljevokasto prošireni dio jajovoda, *infundibulum*. Ukoliko u jatu imamo i mužjake te se životinje gaze, u *infundibulumu* dolazi do oplodnje jajne stanice. Žumanjak se u *infundibulumu* zadržava oko 15 minuta. Iz *infundibulumu* dalje žumanjak putuje u *magnum* u kojemu će dobiti koncentrične slojeve gustoga bjelanjka u roku od 3 sata. Nadalje žumanjak dolazi u *isthmus*, zadržava se 1 sat, i za to vrijeme se stvore dvije opne. Jedna opna obavlja bjelanjak i druga koja obavlja ljusku. Te dvije opne na zatupljenom kraju jajeta zadržavaju malu količinu kisika, te se na taj način stvara zračna komora. Oko gustoga bjelanjka u *isthmusu* se izlučuje voda i mineralne tvari koje osmozom, prolaze kroz opne i dovodi do stvaranja rijetkog bjelanjka. Nakon *isthmusa* jaje dolazi u *uterus* u kojemu se zadržava oko 20 sati. U *uterusu* se bjelanjak dodatno nadopunjuje vodom i mineralnim tvarima, također se formiraju i halaze. Halaze predstavljaju gusti dio bjelanjka čija je primarna uloga da žumanjak drži na sredini jajeta. Formiranje ljuske se događa u *uterusu*. Ljuska je čvrsti omotač jajeta, sastavljena od kalcijevog karbonata (CaCO_3). Ljuska se sastoji od tri sloja: kutikule, matriksa i membranskog sloja. Kutikula ima zaštitni sloj i sprječava ulazak mikroorganizama kroz poroznu ljusku (Nys i sur., 1999.). Kutikula se sastoji od mucina i zatvara pore na jajetu. Jaje dopijeva u kloaku preko posljednjeg dijela jajovoda kojeg nazivamo *vagina*. Tako formirano jaje da bi izašlo iz tijela ptice čisto mora proći proces okretanja jajeta prije nesjenja. Ono traje 1-2 minute,

okreće se horizontalno za 180 stupnjeva. Iz normalnoga položaja se jaje pokreće malo unazad i dolazi u međuprostor koji obuhvaća stidne i sjedne kosti. Krajnji dio jajovoda se produži, a kloaka će se suziti pri direktnom izlasku jajeta u vanjski svijet.

Jaja su bogat izvor bjelančevina, masti, minerala i vitamina. Namirnica je to koja je lako dostupna, izvrsne kvalitete, te cjenovno povoljna u mnogim zemljama. Građa jaja je ista kod svih vrsta ptica, a razlike između njih se uočavaju u masi jaja, veličini i boji, kao i u odnosu njihovih sastavnih dijelova i nutritivnih tvari (proteina, masti, ugljikohidrata, vitamina i minerala), (Biđin, 2010).

Žumanjak kokošnjih jaja je najhranjiviji dio jajeta u kojemu se nalazi oko 48,7% vode, 32,6% masti, 16,6% bjelančevina, 1,1% mineralnih tvari i 1% ugljikohidrata. Bjelančevine žumanjka se sastoje od 9,6% livetina, 8,6% lipovitelina, 47,6% lipovitenina i 4,3% drugih bjelančevina. Masti žumanjka sastoje se od 65,5% masnih kiselina, 28,3% fosfolipida i 5,2% kolesterola (Trpčić i sur., 2010.). Bjelanjak sadrži 12-15% suhe tvari i 85-88% vode, bjelančevine, ugljikohidrate, te masti u tragovima. Jednostavne bjelančevine koje se nalaze u bjelanjku su: ovoalbumin, ovoglobulin, konalbumin, a od složenih: glikoproteini, ovomukoidi i ovomucin. U bjelanjku se još nalaze ugljikohidrati: glukoza, manoza i galaktoza.

Prepeličja jaja bogata su vitaminima i mineralima, a njihova energetska vrijednost iznosi 158 kcal na 100 g proizvoda (Arthur i Bejaei, 2017.). Pogodna su za one ljude koji su alergični na kokošja jaja. Jaja prepelica pozitivno utječu na vid i zdravlje očiju, smanjuju krvni tlak, štite od razvoja kroničnih bolesti te pridonose dobrom općem zdravlju organizma. Količina vode u prepeličjih jaja iznosi 74,35 g. Ukupan sadržaj proteina je 13,05 g, ukupno ugljikohidrata 11,09 g, pepela 1,10 g. Prosječan sadržaj kolesterola iznosi 844g/100 g jestivog dijela jaja. Od masnih kiselina mononezasićene masne kiseline su zastupljene sa 4,324 g, dok sadržaj polinezasićenih masnih kiselina iznosi 1,324 g. Sadržaj vitamina B1 zvanog tiamin iznosi 0,130 mg, vitamina B2 to jest riboflavina je 0,79 mg, potom niacina (vitamin B3): 0,15g, vitamin B5 (pantotenske kiseline) 1,761 mg, vitamin B6 odnosno piridoksin: 0,150 mg, vitamin B9 to jest folati 66 µg, vitamin B12 odnosno kobalamin: 1,58 µg. Od vitamina topljivih u mastima sadržaj vitamina A iznosi 543 IU, vitamin D 55 IU, vitamin E 1,08 mg, te vitamina K 0,3 µg. Fosfor je u prepeličjim jajima najviše zastupljen i to sa 226 g, potom ga slijedi natrij sa 141g, kalija 132 mg, selena ima 32 µg, magnezija 13

mg, željezo 3,65 mg, cinka 1,47 mg, bakra 0,062 mg i mangana u iznosu od 0,038 mg (Arthur i Bejaei, 2017.).

Fazanska jaja svojim nutritivnim sastavom te kalorijskom vrijednošću bogatija su u odnosu na kokošja jaja. Neki benefiti koje pružaju fazanska jaja su: sprječavanje avitaminoze, ojačavanje imuniteta, poboljšanje kvalitete kože, održavanje normalne funkcije mozga i mnoge brojne druge pogodnosti. Kalorijska vrijednost na 100g iznosi 700 kcal. Sadržaj proteina iznosi 6,5 g, masti 70,7 g, ugljikohidrata 4,3 g. Na 100 g jaja fazanska jaja imaju vitamina B4 70 mg, B6 0,4 mg, vitamina E 0,5 mg, željeza 3 mg, natrija 100 mg, kalija 250 mg, kalcija 15 mg, magnezija 20 mg te cinka 3 mg.

2.3. Pokazatelji vanjske i unutarnje kvalitete jaja

Kvalitetu jaja opisujemo kroz širok spektar vanjskih i unutarnjih pokazatelja. Jaje pripada visokokvalitetnim prehranbenim namirnicama sa visokom hranidbenom vrijednosti uz mogućnost prerade. Jaje je eliptičnog oblika, pri čemu je jedan kraj šiljast, a drugi zaobljen. Promjena oblika jaja se prikazuje indeksom oblika koji uključuje širinu i dužinu jajeta izraženo u milimetrima ili centimetrima te pomnoženu sa 100. Optimalni indeks oblika za kokošja jaja kreće se od 72-76%, duguljasta jaja imaju indeks oblika <72%, dok okrugla imaju indeks oblika > 76% (Duman i sur., 2016.) Indeks oblika fazanskih jaja u prosjeku iznosi 78,0% (Kuźniacka i sur. 2005.), dok prepeličja jaja imaju indeks oblika u prosjeku 74,9%, a može se kretati od 67,42% do 83,28% (Kul i Seker, 2004.). Masa jaja ovisi o vrsti peradi, pasmini, hibridu te periodu nesenja. Kokošja jaja u prosjeku su mase od 55 do 70 g, s tim da su na početku nesivosti sitnija, a na kraju nesivosti krupnija (Pavlovski i sur., 2001., Milošević i Perić, 2011.). Masa prepeličjih jaja kreće se od 11,52 do 12,18 g i također ovisi o dobi nesilica (Đukić-Stojčić i sur., 2012.). Masa fazanskih jaja također se razlikuje prema starosti fazanki i kreće se od 30,7 do 32,2 g (Kuźniacka i sur. 2005.). Debljina i čvrstoća ljuske važni su pokazatelji vanjske kvalitete jaja. Ovi pokazatelji kao i indeks oblika izuzetno su važni kod pakiranja i transport jaja. Na kvalitetu ljuske utječe nasljedna osnova kokoši i vanjski čimbenici, razine mineralnih tvari (kalcija, fosfora i dr.) u obroku (Senčić i Samac, 2017.). Za čvrstu i deblju ljusku važna je i količina vitamina D u hrani, jer regulira promet kalcija i fosfora u organizmu peradi. Kada je njihov omjer u hrani za perad pravilan, ljuska je čvrsta i kvalitetna. Prema preporukama Kleyn (2013) kokošima mlađim od 40-45 tjedana u hrani je potrebno osigurati 3,5-3,7% Ca, a starijim kokošima u hrani treba davati

4,0-4,2% Ca. Tanka ljuska za posljedicu ima mikro i makro pukotine po ljusci i takva jaja brze gube na svježini. Debljina ljuske mjeri se pomoću digitalnog mikrometra i kod kokoši treba biti od 0,32 do 0,35 mm (Milošević i Perić, 2011.), prepelica 0,186 mm do 0,201 mm (Đukić-Stojčić i sur., 2012.) i fazana od 0,275 mm do 0,304 mm (Kužniacka i sur. 2005.). Prema podacima Ljuboja i Kralik (2017.) debljina ljuske kokošnjih jaja kreće se u rasponu od 0,357-0,448 mm, odnosno u prosjeku iznosi 0,401 mm, dok se čvrstoća ljuske kokošnjih jaja kreće se od 2,03 do 3,6 kg/cm², a u prosjeku iznosi 3,02 kg/cm². Boja ljuske je genetski uvjetovano svojstvo i specifična za pojedine vrste i genotipove peradi, a ovisi o prisutnosti pigmenta ovoporfirina. Jaja mogu biti različitih boja i nijansi, od bijelih, žutih, svijetlocrvenih, tamno smeđih do zelenih i plavih (Slika 7).



Slika 7. Jaje kokoši, prepelice i fazana

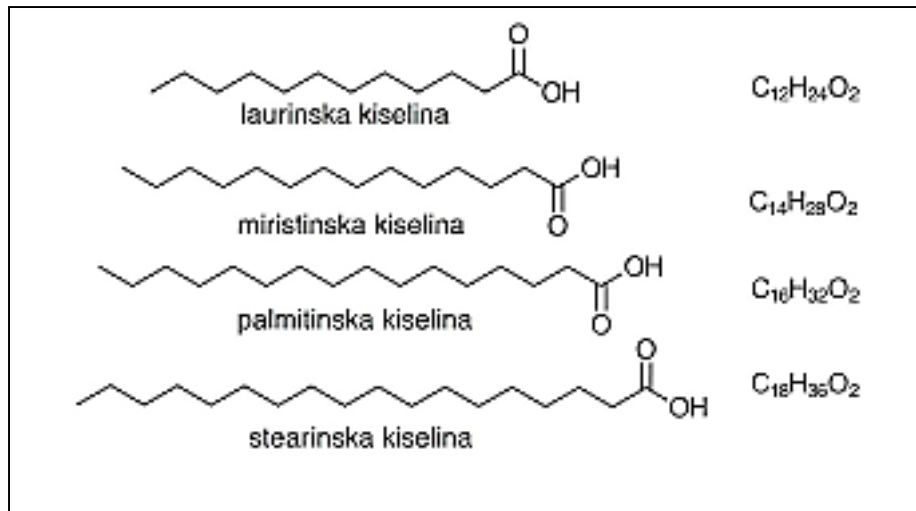
Foto: Z. Kralik, 2021.

Kod unutarnjih pokazatelja kvalitete jaja važno je spomenuti boju žumanjka koja ovisi o količini pigmenata (lutein i zeaksantin). Uporabom krmiva s većim sadržajem karotenoida, kao što su kukuruz, brašno dehidrirane lucerne i kukuruzni gluten dobivaju se jaja s intenzivnom bojom žumanjka (Senčić i Samac., 2017.). Boja žumanjka kod kokošnjih jaja na području RH kreće se od 9-14, a u prosjeku iznosi 11,95 (Ljuboja i Kralik, 2017.). Đukić-Stojčić i sur. (2012.) u svom istraživanju navode visoku varijabilnost u boji žumanjka prepeličjih jaja od 7,6 do 13,6, a razlog ovakve varijabilnosti je pretpostavljaju u sastavu hrane kojima se životinje hrane. Boja žumanjka fazanskih jaja prema navodima Kužniacka i sur. (2005.) iznosi u prosjeku 6,6 dok Mangiagalli i sur. (2003) navode da je boja žumanjka u prosjeku 8,4. Vrijednost pH svježeg žumanjka kokošnjeg jajeta je 6,0 dok je za svježi bjelanjak vrijednost je oko 7,6. Starenjem jaja pH vrijednost se povećava i brže raste pri višim temperaturama. U bjelanjku pH vrijednost raste brže nego u žumanjku. (Kralik i sur., 2008.). Ukoliko su kokošja jaja čuvana u hladnjaku na 4°C 28 dana, pH vrijednost žumanjka

s 6,05 poveća se na 6,24 a bjelanjka sa 8,24 na 8,40 (Kralik i sur, 2020.). Ljuboja i Kralik (2017.) navode vrijednosti pH u kokošjim jajima i to za bjelanjak raspon od 8,92 do 9,17 a za žumanjka od 6,15 do 6,24. U prepeličjim jajima pH žumanjka u prosjeku je 6,2 a bjelanjka 9,1 (Wilkanowska i Kokoszyński, 2012.). U jajima fazanki pH bjelanjka kreće se u rasponu od 8,16 do 8,90 a pH žumanjka od 5,82 do 6,37 (Kožuszek i sur., 2009.).

2.4. Masne kiseline u jajima

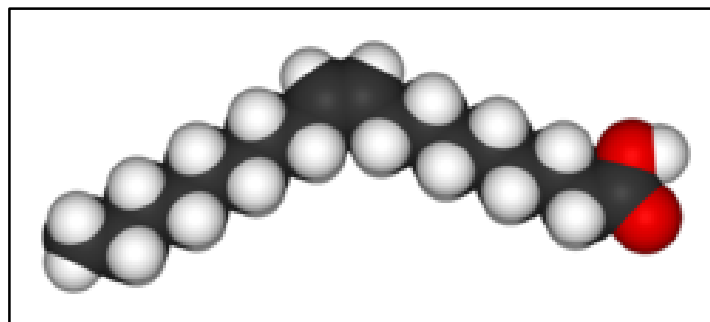
Masti su esteri alkohola glicerola i viših masnih kiselina. Fiziološki su važne molekule jer ulaze u sastav fosfolipida i glikolipida. Služe kao metaboličko gorivo. U obliku triacilglicerola uskladište se u masnom tkivu. Amfipatske su molekule, važna komponenta bioloških membrana. Masne kiseline predstavljaju u kemiji, odnosno specifično u biokemiji karboksilne kiseline s dugim nerazgranatim lancima. Masti ili ulja prema strukturi mogu biti zasićene i nezasićene. Zasićene masne kiseline su kiseline koje imaju najviši (maksimalan) mogući broj vodikovih atoma na svakom ugljikovom atomu. Struktura zasićenih masnih kiselina stabilna je u usporedbi s polinezasićenim masnim kiselinama, te nije toliko podložna oksidaciji. Zasićene masne kiseline prisutne su u proizvodima animalnog podrijetla kao što su meso, mlijeko i jaja. Najučestalije zasićene masne kiseline su laurinska, miristinska, palmitinska i stearinska (Slika 8). Problem kod zasićenih masnih kiselina je taj da povisuju razinu kolesterola u krvi (LDL) prilikom prekomjerne konzumacije proizvoda koje su s njima bogate, što se može loše odražavati na zdravlje. Nezasićene masne kiseline se mogu podijeliti na mononezasićene i polinezasićene masne kiseline. Sadržaj masnih kiselina kao i njihov sastav u peradarskim proizvodima znatno ovisi o hranidbi, odnosno sastavu masnih kiselina iz hrane. Polinezasićene masti su omega-3 i omega-6 masne kiseline. Podjela im ovisi o tome gdje se nalazi prva dvostruka veza u ugljikovom lancu odnosno u kojoj poziciji nedostaju vodikovi atomi. Imaju bitnu ulogu u regulaciji upalnih procesa u organizmu te iz toga razloga pomažu spriječiti i regulirati pojavu autoimunih bolesti tipa astmu, srčano-žilnih bolesti ili šećerne bolesti. Također imaju veliku funkciju u snižavanju razine obije vrste kolesterola u krvi, dakle snižavaju i LDL i HDL kolesterol. Omega-3 masne kiseline su se pokazale vrlo dobre s obzirom na njihovu učinkovitost u zaštiti protiv srčanih bolesti i daju bolji imunitet organizmu.



Slika 8. Struktura zasićenih masnih kiselina

Izvor: <https://www.plantagea.hr/aromaterapija/kemizam-masnih-kiselina/>

Polinezasićene n-3 masne kiseline su: alfa-linolenska (LNA), eikosapentantenska kiselina (EPA) i dokozaheksaenska kiselina (DHA). Najzastupljenija n-6 polinezasićena masna kiselina u žumanjcima jaja je linolna kiselina (LA). Arahidonska kiselina (AA) tipični je drugi predstavnik omega-6 skupine. Iz grupe polinezasićenih masnih kiselina važne su linolenska i alfa-linolenska kiselina poznate kao esencijalne masne kiseline (EFA). Namirnice bogate polinezasićenim masnim kiselinama su: ulja lana, kukuruza i repice te nekih vrsta riba (plava riba, losos i bakalar). Mononezasićene masne kiseline (MUFA) u svojoj strukturi imaju jednu dvostruku vezu u lancu, dok je ostatak lanca vezan jednostrukim vezama. Mononezasićene masne kiseline pomažu kontrolirati kolesterol u krvi, pomažu boljem radu mozga, pravilnijem rastu i razvoju. Ove masne kiseline se nalaze većinom u namirnicama biljnog podrijetla, primjerice u maslinovom ulju. Najzastupljenija mononezasićenih masnih kiselina u animalnim namirnicama je oleinska kiselina (Slika 9).



Slika 9. Oleinska masna kiselina

Izvor: https://sh.wikipedia.org/wiki/Oleinska_kiselina

Kralik i sur. (2020.) navode da je kod konvencionalno proizvedenih jaja sadržaj ukupnih MUFA, n-6 PUFA i omjer n-6/n-3 PUFA veći nego kod omega-3 jaja ($P < 0,05$). Sadržaj ukupnih SFA i n-3 PUFA značajno su veće kod omega-3 jaja u usporedbi s konvencionalnim jajima (kontrola). Razlog navedenog je upotreba posebno dizajniranih smjesa za hranidbu kokoši nesilica. U smjese za hranidbu kokoši sojino ulje (5%) zamijenjeno je kombinacijom lanenog i ribljeg ulja ($E1 = 1,5\% + 3,5\%$ odnosno $E2 = 3,5\% + 1,5\%$).

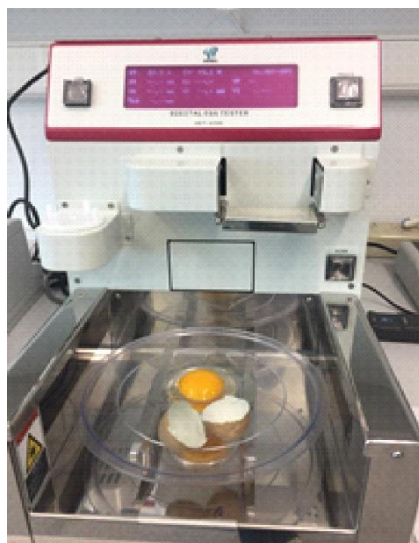
3. MATERIJAL I METODE

3.1. Kvaliteta jaja različitih vrsta peradi

U istraživanju su korištena jaja 3 vrste peradi. Jaja fazana (*Phasianus colchicus*) iz kontroliranog podnog uzgoja (skupina F), jaja prepelice (*Coturnix coturnix japonica*) iz kaveznog uzgoja (skupina P), te kokošja jaja (*Gallus gallus*) linijskog hibrida Tetra SL, omega (O) i konvencionalna (K) iz obogaćenog kaveza. Nasumičnim odabirom uzorkovana su jaja za potrebe analize vanjske i unutarnje kvalitete jaja, kolesterola i profila masnih kiselina u žumanjcima jaja. Jaja su analizirana dan nakon uzorkovanja. Ukupno je analizirano 120 jaja (30 po ispitivanoj skupini). Za potrebe analize kvalitete jaja utvrđeni su: masa jaja i masa osnovnih dijelova u jajetu, udjeli osnovnih dijelova u jajetu, indeks oblika jaja, čvrstoća i debljina ljuske, boja žumanjka, pH bjelanjka i pH žumanjka. Dužina i širina jaja mjereni su digitalnom mjerkom s rasponom mjerenja 0-30 mm/0-12" (Insize, USA). Indeks oblika izračunat je iz mjera širine i dužine jaja prema sljedećoj formuli.

Indeks oblika (%) = širina jajeta/dužina jajeta*100.

Masa osnovnih dijelova jaja (bjelanjak, žumanjak i ljuska) utvrđena je pomoću vage PB 1502-S (Mettler Toledo, BBK 422-6 DXS), a računskim putem dobivene su vrijednosti udjela osnovnih dijelova jaja (%). Automatskim uređajem Digital Egg Tester - DET 6500 (Nabel, Co., Ltd, Japan; Slika 10) izmjereni su sljedeći pokazatelji kvalitete jaja: masa jaja (g), čvrstoća (kgf) i debljina ljuske (mm) i boja žumanjka. Debljina ljuske mjerena je na ekvatorijalnom dijelu jajeta, a za utvrđivanje čvrstoće ljuske ono je opterećeno silom na suprotnim polovima. Vrijednosti pH bjelanjka i žumanjka, izmjerene su pH metrom MP 120 (Mettler Toledo, model SevenEasy).



Slika 10. Digital Egg Tester - DET 6500
Foto: Z. Kralik, 2021.

3.2. Profil masnih kiselina u žumanjcima jaja različitih vrsta peradi

Na ukupno 40 žumanjaka (10 uzoraka po skupini), određen je profil masnih kiselina. Priprema uzoraka za analizu profila masnih kiselina u žumanjcima jaja određen je korištenjem mikrovalnog uređaja CEM MARS6, a profil masnih kiselina utvrđen je korištenjem plinskog kromatografa, opremljenog kapilarnom kolonom tipa FAMEWAX (RESTEK, Bellefonte, USA) (unutarnji promjer 30 x 0,32 mm, film 0,25 μm) i plamenim detektorom.

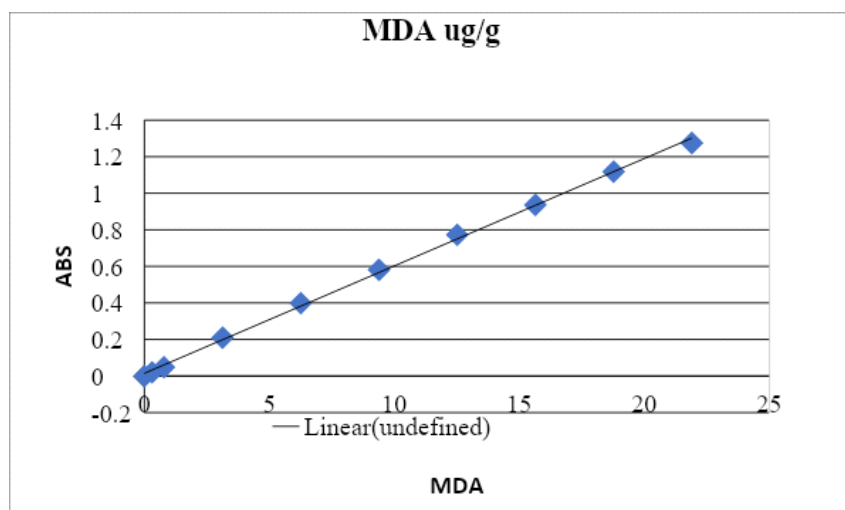
3.3. Kolesterol u jajima različitih vrsta peradi

Na ukupno 24 žumanjaka (6 po skupini), određen je sadržaj kolesterola, koristeći modificiranu metodu Albuquerque i sur. (2016.). Protokol pripreme i očitavanja kolesterola bio je sljedeći: 5 ml 0,4 M KOH u etanolu dodano je u 0,5 g žumanjka i otopina je dobro promućkana u vortexu. Uzorci su inkubirani u vodenoj kupelji na 50°C u trajanju od 30 minuta. Nakon hlađenja na sobnoj temperaturi, ekstrakcija kolesterola obavljena je dva puta s 10 ml n-heksana. Ekstrakti su kombinirani i alikvot od 3 ml je osušen i nadopunjen s 3 ml mobilne faze. Shimadzu HPLC sustav opremljen UV-VIS detektorom SPD-10AV VP i SIL-10AD VP auto-injektorom, Shimadzu Shim-pack GIST (250 x 4,6 mm I.D., veličina čestica 5 μm) korišten je za odvajanje i kvantificiranje kolesterola. Mobilna faza bila je otopina

izopropanol: acetonitril (50:50 v / v). Prije uporabe, mobilna faza je filtrirana kroz membranski filter od 0,20 μm i otplinjena u ultrazvučnoj kupki. Temperatura kolone bila je 37°C, brzina protoka 1,2 ml/min i ubrizgani volumen 10 μL . Količina kolesterola utvrđena je pomoću UV-VIS detektora postavljenog na valnoj duljini od 210 nm. Ukupno vrijeme analize bilo je 10 minuta.

3.4. Oksidacija lipida u žumanjcima jaja različitih vrsta peradi

Na ukupno 40 žumanjaka (10 žumanjaka po skupini) određena je oksidacija lipida. Postupak pripreme uzoraka i analize obavljen je na sljedeći način: u epruvetu se odvažuje žumanjak i doda se 10%-tna trikloroetna kiselina, smjesa se homogenizira i centrifugira na 5500 x g tijekom 15 minuta na 4°C.



Grafikon 1. Standardna krivulja za izračun oksidacije lipida u žumanjcima

Nakon centrifugiranja otpipetira se 2,5 ml supernatanta kojemu se doda 1,5 ml otopine tiobarbiturne kiseline (pH 2,5), epruvete se zatvore i urone u vodenu kupelj na 95°C 30 minuta. Nakon hlađenja doda se destilirana voda i smjesa centrifugira na 5500 x g 15 minuta na 4°C. Sadržaj obojenog produkta koji nastaje reakcijom produkata lipidne peroksidacije s tiobarbiturnom kiselinom mjeri se spektrofotometrijski na 532 nm. Dobivene vrijednosti uspoređene su sa standardnom krivuljom priređenom pomoću standarda malondialdehid tetrabutil amonijeve soli (Sigma-Aldrich, Švicarska), a iskazane su u μg MDA/g žumanjka.

3.5. Statistička obrada podataka

Podatci prikupljeni u analizama jaja različitih vrsta peradi statistički su obrađeni u programu Statistica software (Tibco Software Inc., 2018), a u radu su prikazani tablično i grafički. Od statističkih parametara prikazana je aritmetička sredina (\bar{x}), standardna devijacija (sd), minimalna i maksimalna vrijednost. Ispitivanje značajnosti razlika između skupina utvrđeno je pomoću jednostruke analize varijance (ANOVA). Izračunata F vrijednost uspoređena je s teorijskom F vrijednošću na razini značajnosti 5%. Značajnost razlika između srednjih vrijednosti utvrđena je Fisher-ovim LSD testom.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Na tablici 1 prikazani su pokazatelji kvalitete jaja. Indeks oblika kretao se od 75,20% (kokošja omega jaja) do 78,85% (fazanska jaja). Indeks oblika pokazatelj je oblika jaja koji bi trebao biti jajolik, a vrijednosti indeksa tada bi bila od 72-76%. Ukoliko su vrijednosti >76 jaja su okrugla, a ako su vrijednosti indeksa oblika <72 jaja su duguljasta (Altuntas i Sekeroglu, 2008).

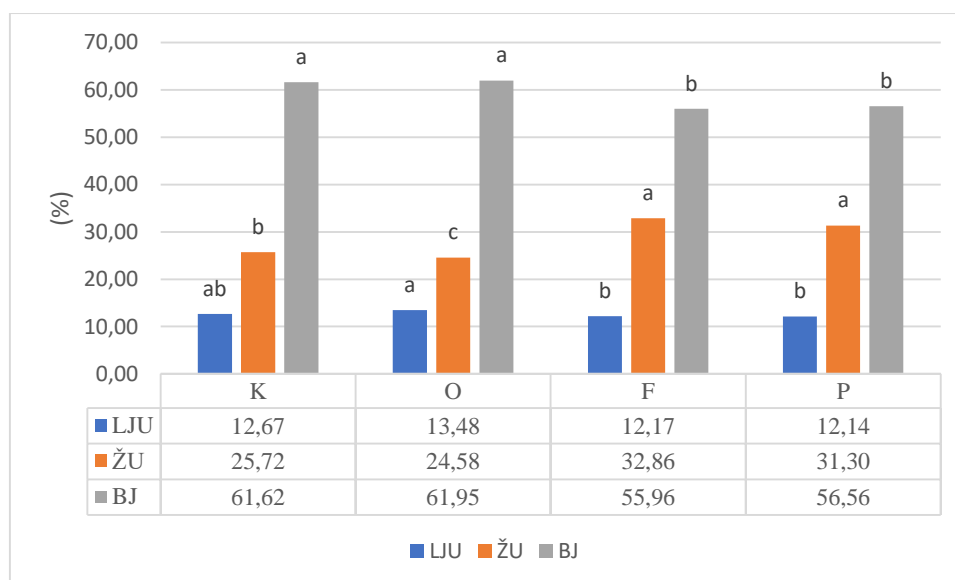
Tablica 1. Kvaliteta jaja različitih vrsta peradi ($\bar{x}\pm\text{sd}$; min-max.)

Pokazatelj	Kokošja jaja*		F	P
	K	O		
Indeks oblika (%)	76,13±2,30 (72,08-80,84)	75,20±2,37 (69,5-79,1)	78,85±3,37 (70,5-86,5)	77,90±2,82 (72,9-82,2)
Masa jaja (g)	65,51±3,22 (62,9-73,0)	65,04±2,69 (60,9-72,7)	32,2±2,66 (25,7-36,8)	11,75±1,14 (10,2-14,4)
Masa bjelanjka (g)	40,38±2,60 (37,5-47,2)	40,13±2,56 (34,6-45,1)	17,92±1,92 (13,3-21,4)	6,65±0,67 (5,4-8,1)
Masa žumanjka (g)	16,83±1,10 (14,6-19,9)	15,98±1,29 (13,7-18,3)	10,19±1,30 (7,59-12,2)	3,69±0,53 (2,6-4,9)
Masa ljuske (g)	8,28±1,03 (6,5-9,7)	8,75±0,65 (7,04-9,7)	3,89±0,49 (3,04-4,89)	1,42±0,16 (1,1-1,7)
Čvrstoća ljuske (kgf)	2,867±0,57 (2,10-3,84)	2,988±0,41 (2,44-3,83)	4,090±0,82 (2,37-5,27)	1,221±0,24 (0,90-1,93)
Debljina ljuske (mm)	0,421±0,02 (0,379-0,480)	0,426±0,02 (0,392-0,477)	0,329±0,02 (0,280-0,370)	0,233±0,02 (0,190-0,290)
Boja žumanjka	11,85±0,67 (11-13)	11,65±0,74 (10-13)	9,80±1,32 (7-12)	11,80±1,57 (10-15)
pH bjelanjka	8,51±0,12 (8,19-8,71)	8,38±0,11 (8,21-8,60)	8,63±0,17 (8,37-8,92)	9,12±0,07 (8,98-9,23)
pH žumanjka	5,81±0,09 (5,69-6,00)	5,76±0,03 (5,71-5,85)	6,27±0,13 (6,07-6,58)	6,12±0,06 (5,89-6,27)

K- konvencionalna kokošja jaja; O- omega kokošja jaja; F-fazanska jaja; P-prepeličja jaja

Prema navodima Kuźniacka i sur. (2005) indeks oblika fazanskih jaja u prosjeku iznosi 78,0% što je sukladno našim rezultatima. Vrijednosti indeksa oblika prepeličjih jaja iz našeg istraživanja suglasna su s rezultatima Kul i Seker (2004.). Navedeni autori navode da je prosječan indeks oblika prepeličjih jaja 74,9%, a može se kretati od 67,42% do 83,28%. Masa kokošjih jaja (konvencionalnih i omega) je ujednačena i kreće se u prosjeku od 65,04 g do 65,51 g, dok su fazanska i prepeličja jaja dosta sitnija (F=32,2 g i P=11,75 g). Masa bjelanjka ujednačena je kod jaja kokoši (K=40,38g i O=40,13g), zatim slijedi jaje fazana s masom bjelanjka od 17,92 g, te prepeličja jaja koja imaju najmanju masu bjelanjka (6,65g).

Masa žumanjaka kokošjih jaja se razlikuje po tome što omega jaja sadrže manje žumanjka u odnosu na konvencionalna (O=15,98 g i K=16,83 g). Masa žumanjka u fazanskim jajima kretala se u rasponu od 7,59 g do 12,2 g, odnosno u prosjeku je iznosila 10,19 g. Najsitnije žumanjke imala su jaja prepelica (3,69 g). Debljina ljuske fazanskih jaja kretala se u rasponu od 0,280 mm do 0,370 mm, odnosno u prosjeku 0,329 mm. Debljina ljuske našeg uzorka za fazanska jaja veća je u odnosu na vrijednosti koje navode Kirikç i sur. (2005). Navedeni autori ističu da se debljina ljuske fazanskih jaja kreće u rspanu od 0,202 mm (bijela boja ljuske) do 0,230 mm (smeđa boja ljuske). Ljuska je čvršća i deblja, te veće mase u omega kokošjih jaja u usporedbi na konvencionalna. Fazanska jaja imaju najčvršću ljusku (4,090 kgf), dok je debljina ljuske najbolja kod kokošjih jaja (K=0,421 mm i O=0,426 mm). Boja žumanjaka je najniža u fazanskim jaja (9,80), dok je kod ostalih vrsta peradi ona bila ujednačena (K=11,85, O=11,65 i P=11,80). Boja žumanjka je rezultat nakupljanja pigmenta iz hrane koji ga bojaju. Pigmenti žumanjka predstavljaju mješavinu karotena i ksantofila koji zajedno spadaju u veliku grupu – karotenoida (Velíšek i Hajšlová, 2009). Na boju žumanjka možemo utjecati dodavanjem pigmenta u hranu ali i odabirom sorte kukuruza koja ima žući endosperm. Vrijednosti pH bjelanjaka najviši je u prepeličjih jaja (pH =9,12), a najmanji je kod omega kokošjih jaja (pH=8,38). Najviše vrijednosti pH žumanjka imala su fazanska jaja (pH=6,27) a najnižu pH vrijednost žumanjka imala su konvencionalna kokošja jaja (pH=5,69).



^{a,b,c} označavaju značajnost između skupina za pojedino svojstvo $P < 0,05$; BJ-bjelanjak; ŽU-žumanjak i LJU-ljuska

Grafikon 2. Udjeli osnovnih dijelova u jajima različitih vrsta peradi (%)

Iz grafikona 2 gdje su prikazani udjeli osnovnih dijelova u jajima, vidljivo je da su najmanji udio žumanjka imala kokošja omega jaja (24,58%), dok je najveći udio žumanjka zabilježen kod jaja fazana (32,86%). Postotak bjelanjka bio je ujednačen kod jaja kokoši (K=61,62% i O=61,95%), zatim slijede jaja prepelice sa 56,56 % te na kraju fazanska jaja s 55,96% bjelanjka u jajetu. Udio ljuske bio je ujednačen kod svih vrsta peradi a kretao se u rasponu od 12,14% (prepelice) do 13,48% (omega kokošja jaja).

U tablici 2 prikazan je sadržaj kolesterola u jajima različitih vrsta peradi. Vrijednosti su ujednačene ($P > 0,05$). Najviši sadržaj kolesterola utvrđen je kod prepeličjih jaja (983,10 mg/100 g žumanjak), dok najniži sadržaj kolesterola imaju kokošja jaja nesilica hranjenih standardnom konvencionalnom krmnom smjesom (865,73 m g/100 g žumanjka).

Tablica 2. Sadržaj kolesterola u jajima različitih vrsta peradi ($x \pm sd$)

Vrsta peradi	Sadržaj kolesterola mg/100 g žumanjka
K	865,73±42,93
O	894,29±21,13
F	913,61±57,94
P	983,10±35,69
P vrijednosti	0,246

K- konvencionalna kokošja jaja; O- omega kokošja jaja; F-fazanska jaja; P-prepeličja jaja; $P > 0,05$

Vrijednosti sadržaja kolesterola konvencionalnog kokošjeg jajeta manje su od onih koji u svom radu navode Kaźmierska i sur (2005). Isti autori navode da je sadržaj kolesterola u fazanskim jajima 682 mg/100 g žumanjka te 778 mg/100 g žumanjka kod prepeličjih jaja. Njihovi rezultati nisu sukladni našima. Pretpostavka da je razlika proizašla iz korištenja različitih krmnih smjesa u hranidbi peradi. Naši rezultati nisu sukladni s navodima Golzar Adabi i sur. (2016) koji u radu ističu da je sadržaj kolesterola u prepeličjim jajima 11.1 mg/g. Prisutnost kolesterola u jajima je neophodna jer kolesterol ima primarnu funkciju osigurati energiju za rast embrija. Upravo radi toga je vrlo teško hranidbom utjecati na njegovo smanjenje. Sadržaj kolesterola u kokošjim jajima koji se kreće između 150 i 200 mg po jajetu, stvorila je negativnu percepciju kod nekih potrošača u pogledu njegove hranjive vrijednosti. Na sadržaj kolesterola utjecaj ima veličina jaja odnosno veličina žumanjka (Genchev, 2012). Konzumiranje jednog do dva jaja dnevno nije povezano s povećanjem kolesterola u krvi kod ljudi ili povećanim rizikom od kardiovaskularnih bolesti (Seuss-Baum i sur., 2011.), stoga osobe koje nisu kardiovaskularni bolesnici mogu nesmetano konzumirati jaja.

Na Tablici 3 prikazan je sadržaj masnih kiselina u žumanjcima jaja različite vrste peradi. Uočeno je da fazanska jaja imaju statistički značajno veći sadržaj ukupnih SFA i n6 PUFA u odnosu na kokošja jaja ($P < 0,05$). Najveći sadržaj ukupnih MUFA zabilježen je kod kokošnjih omega jaja. U tim jajima postignut je i najveći sadržaj n-3 PUFA. Ove vrijednosti su očekivane iz razloga što se kod omega-3 jaja u hranidbi koriste posebno dizajnirane smjese s povećanim sadržajem n-3 PUFA koje se iz hrane ugrađuju u žumanjak jajeta.

Tablica 3. Sadržaj masnih kiselina u žumanjcima jaja različitih vrsta peradi (% od ukupnih masnih kiselina; \bar{x})

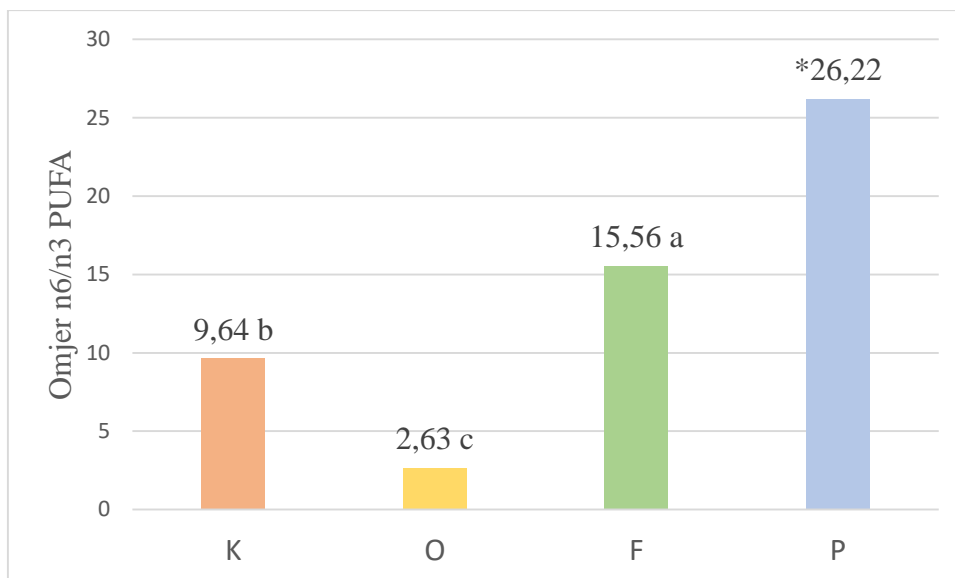
Masne kiseline	K	O	F	P*
Σ SFA	33,09 ^b	29,95 ^c	38,67 ^a	23,90
Σ MUFA	38,99 ^b	46,03 ^a	31,65 ^c	30,34
Σ n-6 PUFA	25,28 ^b	17,40 ^c	27,87 ^a	12,36
Σ n-3 PUFA	2,62 ^b	6,61 ^a	1,79 ^c	1,16

K- konvencionalna kokošja jaja; O- omega kokošja jaja; F-fazanska jaja; P-prepeličja jaja

Slova ^{a,b,c} u redovima iznad srednjih vrijednosti pokazuju značajnu razliku između skupina na razini $P > 0,05$

*za jaja prepelica uzete su vrijednosti iz literature (Tokušoğlu, 2006.)

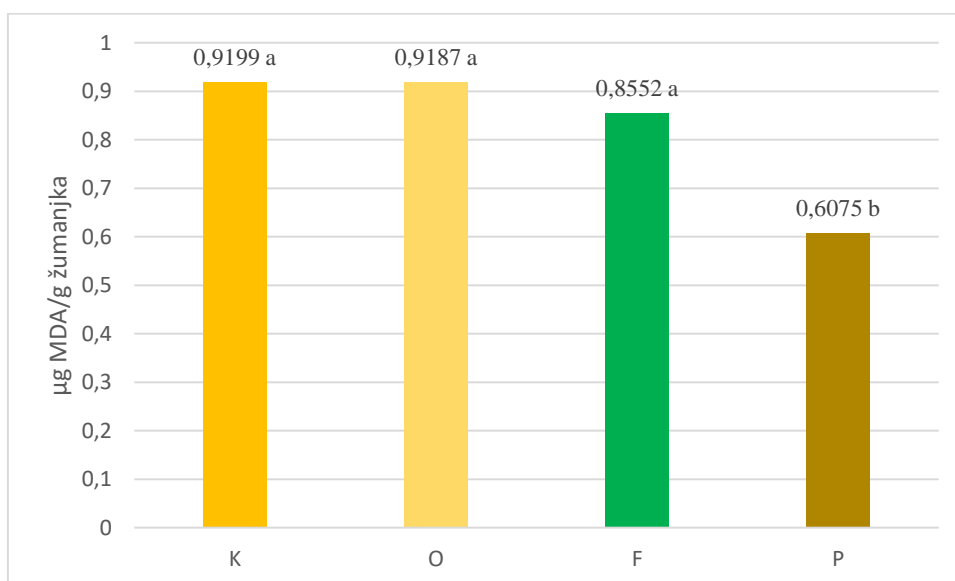
Na grafikonu 3. prikazan je omjer n6/n3 PUFA u jajima kokoši, fazana i prepelica. Uočljivo je da je najuži omjer n-6/n-3 PUFA bio kod kokošnjih omega-3 jaja, zatim kod kokošnjih jaja proizvedenih koristeći konvencionalnu krmnu smjesu za nesilice. Fazanska jaja imala su značajno širi omjer n-6/n-3 PUFA u usporedbi s kokošnjim jajima ($P < 0,05$). Usporedba dobivenih rezultata sa podacima iz literature za prepeličja jaja ukazuje nam da je kod prepelica ovaj omjer preširok, nepovoljan, te da se može hranidbom isti suziti. Rezultati našeg istraživanja kod kokošnjih jaja sukladni su navodima Kralik i sur. (2020) koji su kod konvencionalno proizvedenih kokošnjih jaja utvrdili udio ukupnih SFA 31,65%, MUFA 36,65%, n-6 PUFA 28,82%, i n-3 PUFA 2,43%. Kod jaja obogaćenih omega-3 masnim kiselinama autori navode udio SFA od 31,18%, MUFA 40,66%, n-6 PUFA 21,96% i n-3 PUFA 5,17%.



K- konvencionalna kokošja jaja; O- omega kokošja jaja; F-fazanska jaja; P-prepeličja jaja; ^{a,b,c} P < 0,05

*za jaja prepelica uzete su vrijednosti iz literature (Tokuşoğlu, 2006.)

Grafikon 3. Omjer Σ n-6 PUFA/ Σ n-3 PUFA u žumanjcima jaja različitih vrsta peradi



K- konvencionalna kokošja jaja; O- omega kokošja jaja; F-fazanska jaja; P-prepeličja jaja

^{a,b,c} P < 0,05

Grafikon 4. Oksidacija masti u žumanjcima jajima različitih vrsta peradi (µg MDA/g)

Oksidacija masti u žumanjcima konvencionalnih i omega kokošnjih jaja bila je najviša ali ujednačena i iznosila je 0,9199 μ g MDA/g i 0,9187 μ g MDA/g, zatim slijede fazanska jaja s oksidacijom masti u žumanjcima od 0,8552 μ g MDA/g. Statistički značajno najmanju oksidaciju masti u žumanjcima jaja imala su prepeličja jaja (0,6075 μ g MDA/g).

5. ZAKLJUČAK

Jedna od najjeftinijih a vrlo kvalitetnih animalnih namirnica upravo su jaja. U prehrani ljudi jaja sudjeluju s visokovrijednim bjelančevinama, esencijalnim masnim kiselinama, vitaminima i mineralima. Ljudi koji brinu o svom zdravlju imaju velika očekivanja od proizvođača hrane te su u svojim očekivanjima prema hrani vrlo zahtjevni i ne očekuju samo da hrana mora biti sigurna i zdrava, već i ukusna i privlačna. Na tržištu prehrambenih proizvoda najčešće se u ponudi nalaze jaja domaće peradi, no u gastronomskoj ponudi u različitim restoranima moguće je konzumirati i jaja divljih ptica (prepelica i fazana). Iz rezultata našeg istraživanja možemo istaknuti da su jaja kokoši, fazana i prepelica različite mase s obzirom da se radi o različitim vrstama peradi. Najsitnija jaja su kod prepelica, zatim kod fazana a najkrupnija su jaja kokoši. Upravo radi mase jaja različiti su udjeli osnovnih dijelova u jajima kod navedenih peradarskih vrsta. Najčvršću ljusku imaju jaja fazana, dok je ljuska najtanja kod jaja prepelica. Boja žumanjka najsvjetlija je kod prepeličjih jaja, dok su jaja kokoši i fazana imala nešto intenzivniju boju žumanjka. Boja žumanjka je negenetski uvjetovano svojstvo na koje se može utjecati hranidbom, te pretpostavljamo da je svjetlija boja žumanjka kod jaja prepelica zapravo odraz manjeg sadržaja karotenoida u smjesi kojom su hranjene prepelice. Kolesterol u žumanjcima jaja peradi bio je ujednačeni kretao se od 865,73 mg/100 g žumanjka kod jaja kokoši do 983,10 mg/100 g žumanjka kod prepelica. Profil masnih kiselina bio je različit kod jaja različitih vrsta peradi, upravo radi razlike u hranidbi životinja. Uočeno je da je omjer n-6/n-3 PUFA najmanji kod kokošnjih jaja, a to je rezultat edukacije proizvođača da hranidbom mogu smanjiti udio n-6 PUFA a povećati udio n-3 PUFA koje su vrlo značajne u prehrani ljudi.

6. POPIS LITERATURE

1. Alagawany, M., Elnesr, S.S., Farag, M.R., El-Hack, M.E.A., Khafaga, A.F., Taha, A.E., Tiwari, R., Yattoo, M.I., Bhatt, P., Khurana, S.K., Dhama, K. (2019.): Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids in Poultry Nutrition: Effect on Production Performance and Health. *Animals*. 9(8): 573.
2. Albuquerque, T.G., H.S. Costa, M.C. Castilho, A. Sanches-Silva (2011): Trend sin the analytical methods for the determination of trans fatty acids content in food. *Trend sin Food Science and Technology* 22, 543-560.
3. Altuntaş, E., Sekeroğlu, A. (2008.): Effect of egg shape indeks on mechanical properties of chicken egg. *Journal of Food Engineering*. 85: 606-612
4. Arthur, J. I Bejaei, M. (2017.): *Egg Innovations and Strategies for Improvements. Chapter 2 Quali egg by Arthur i Bejaei. Academic press is an important of Elsevier, London, United States.*
5. Biđin, M. (2010.): Eggs of domestic poultry—a highly valuable food in human nutrition. *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu*, 12: 356-359.
6. Duman, M., Şekeroğlu, A., Yıldırım, A., Eleroğlu, H., Camcı, Ö. (2016): Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *Europ.Poult.Sci.*, 80: 1-9.
7. Đukić-Stojčić, M., Perić, L., Bjedov, S., Milošević, N. (2009.): The quality of table eggs produced in different housing systems. *Biotechnol. Anim. Husb.* 25:1103–1108.
8. Genchev, A., (2012): Quality and composition of japanese quail eggs (*Coturnix Japonica*). *Trakia J. Sci.* 10: 91-101.
9. Golzar Adabi, S., Fani, A., Ceylan, N., Hajibabaei, A., Casey, N.H. (2016): Enrichment of quail (*Coturnix cot. japonica*) eggs by omega-3 fatty acids and its nutritional effect on young healthy women. *Europ.Poult.Sci.*, 80. DOI: 10.1399/eps.2016.149
10. Kaźmierska, M., Jarosz, B., Korzeniowska, M., Trziszka, T., Dobrzański, Z. (2005.): Comparative analysis of fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks of different bird species. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 14/55 (1): 69-73.
11. Kirikçi, K., Günlü, A., Garip, M. (2005): Some Quality Characteristics of Pheasant (*Phasianus colchicus*) Eggs with Different Shell Colors. *Turk.J. Vet. Anim. Sci.* 29: 315-318.

12. Kleyn, R. (2013). Chicken Nutrition. A guide for nutritionist and poultry professionals. Context, Packington, UK.
13. Kożuszek, R., Kontecka, H., Nowaczewski, S., Leśnierowski, G., Kijowski, J., Rosiński, A. (2009). Quality of pheasant (*Phasianus colchicus* L.) eggs with different shell colour. *Archiv für Geflügelkunde*, 73(3), 201-207.
14. Kralik, G., Grčević, M., Hanžek, D., Margeta, P., Galović, O., Kralik, Z. (2020.): Feeding to Produce n-3 Fatty Acid-enriched Table Eggs. *The Journal of Poultry Science*. 57(2): 138-147.
15. Kralik, G., Has-Schön, E., Kralik, D., Šperanda, M (2008.). Peradarstvo biološki i tehnički principi. Sveučilišni udžbenik; Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Grafika d.o.o. Osijek.
16. Kralik, G., Kralik, Z., Hanžek, D. (2020.): The effect of vegetable oils and the fish oil on the fatty acid profile in egg yolks. *Poljoprivreda*, 26 (2): 79-87.
17. Kul, S. i I. Seker, 2004. Phenotypic correlations between some external and internal egg quality traits in the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Int. J. Poult. Sci.*, 3: 400-405.
18. Kuźniacka, J., Bernacki, Z., Adamski, M. (2005): Effect of the Date of Egg-laying on the Biological Value of Eggs and Reproductive Traits in Pheasants (*Phasianus colchicus* L.). *Folia Biologica*, 53(4): 73-78.
19. Ljuboja, B. Kralik, Z. (2017): Kvaliteta jaja različitih vrsta peradi. Zbornik radova 52. hrvatskog i 12. međunarodnog simpozija agronoma / Vila, Sonja; Antunović, Zvonko - Osijek: Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 2017, 534-538.
20. Mangiagalli, M. G., Scandolara, G., Marelli, S.P., Giuliani, M., Cavalchini, L.G. (2003): Characteristics of reared game pheasant (*Phasianus colchicus*)'s egg. *Italian Journal of Animal Science*. 2: 115-122.
21. Milošević N., Perić, L. (2011.): Tehnologija žvinaarske proizvodnje. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. Str 235-276.
22. Milošević, N., Perić, L., Đukić- Stojčić, M., Trivunović, S., Rodić, V., Bjedov, S. (2013): Autochthonous hen breeds in the Republic of Serbia- Banat Naked Neck and Sombor Crested. *World's Poultry Science Journal*, 69, (1), 153-162.
23. Narushin, V.G. (1997.): Non-destructive measurements of egg parameters and quality characteristics. *World's Poultry Science Journal*. 53(2):141-153.
24. Nys, Y., Hincke, M., Arias, J., Garcia-Ruiz, J., Solomon, S. (1999): Avian eggshell mineralization. *Poultry and Avian Biology Reviews*, 10: 143-166.

25. Pavlovski, Z., Hopić, S., Lukić, M. (2001.): Stambeni sustavi za slojeve I kvaliteta jaja. *Biotehnologija za znanost o životinjama*, 17, 197-231.
26. Pisulewski, P. (2000.): Wartość odżywcza jaj kurzych oraz współczesne metody jejształtowania. In: *Jajczarstwo, nauka, technologia, praktyka*. Wydawnictwo AR we Wrocławiu, 189-217 (in Polish).
27. Senčić, Đ., Samac, D. (2017.): *Jaje*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Grafika.d.o.o. Osijek.
28. Seuss-Baum, Nau, F., Guerin- Dubiard, C. (2011.): The nutritional quality of eggs. Improving the safety and quality of eggs and egg products. 201-236.
29. Simopoulos, A.P. (2016.): An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients*. 8 (128): 1-17.
30. Stupin, A., Rašić, L., Matić, A., Stupin, M., Kralik, Z., Kralik, G., Grčević, M., Drenjančević, I. (2018.): Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids Enriched Hen Eggs Consumption Enhances Microvascular Reactivity in Young Healthy Individuals. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 43(10): 988-995.
31. TIBCO Software Inc., (2018). *STATISTICA* (flexible analytic software system), version 13-5-0.
www.tibco.com
32. Trpčić, I., Njari, B., Zdolec, N., Cvrtila Fleck, Ž., Fumić, T., Kozačinski, L. (2010) Mikrobiološka kakvoća i ocjena svježine konzumnih jaja. *Meso*, 12, 286-293.
33. Tokuşoğlu, Ö. (2006.): The quality properties and saturated and unsaturated fatty acid profiles of quail egg: the alterations of fatty acids with process effects. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57 (7-8): 537-545.
34. Velíšek, J., Hajšlová, J., 2009. *Chemie potravin II*. . Tábor: Osis 623, 216–234.
35. Wilkanowska A., Kokoszyński, D. (2012): Layer age and quality of pharaoh quail eggs. *Journal of Central European Agriculture*, 13(1): 10-21.
36. Ziemiański, S. (1997.): Fats in human nutrition. *Żyw. Człow. Met.* 24(2): 35-47 (in Polish).