

# Fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete jaja različitih vrsta peradi

---

**Vidović, Josip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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:151:067895>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



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**

Josip Vidović

Diplomski sveučilišni studij Zootehnika

Modul Specijalna zootehnika

**FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI KVALITETE JAJA  
RAZLIČITIH VRSTA PERADI**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2024.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Josip Vidović

Diplomski sveučilišni studij Zootehnika

Modul Specijalna zootehnika

**FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI KVALITETE JAJA**  
**RAZLIČITIH VRSTA PERADI**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu diplomskog rada:

1. Prof.dr.sc. Zoran Škrtić, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Zlata Kralik, mentor
3. izv.prof.dr.sc. Danijela Samac, član

**Osijek, 2024.**

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
2.1. Građa jaja.....	3
2.1.1. Ljuska jaja .....	4
2.1.2. Bjelanjak jaja .....	4
2.1.3. Žumanjak jaja .....	5
2.2. Fiziologija formiranja jaja .....	6
2.3. Kvaliteta jaja.....	8
2.4. Pravilnik o tržišnim standardima za jaja.....	10
3. MATERIJALI I METODE.....	11
3.1. Uzorkovanje jaja različitih vrsta peradi.....	11
3.2. Analiza kvalitete jaja .....	11
3.3. Analiza profila masnih kiselina u žumanjcima jaja.....	12
3.4. Indeks zdravstvene kvalitete lipida u žumanjcima jaja (nutritivni indeksi) .....	13
3.5. Analiza oksidacije lipida u žumanjcima .....	14
3.6. Statistička obrada podataka .....	15
4. REZULTATI .....	16
5. RASPRAVA.....	35
6. ZAKLJUČAK.....	45
7. LITERATURA .....	46
8. SAŽETAK.....	50
9. SUMMARY .....	51
10. POPIS TABLICA.....	52
11. POPIS SLIKA .....	53
12. POPIS GRAFIKONA.....	54

## 1. UVOD

Jaja spadaju u zdravstveno vrlo važnu namirnicu koja u prehrani ljudi ima vrlo važnu funkciju zbog svojih terapijskih i imunostimulacijskih svojstava. Jaje ima vrlo važne funkcije kod obrane organizma od raznih virusa uzročnika raka zbog toga što sadrži tvari kao što su lumiflavin, lumikrom i sulforafan koje koče njihovo razmnožavanje. Isto tako tvari koje sadrže jaja imaju funkciju sprječavanja normalne stanice da se transformira u kancerogenu. U sastavu jaja nalazimo i karotenoide, prirodne pigmente koji se talože u žumanjku. Osim antikancerogenog učinka, tvari koje sadrže jaja imaju i ulogu smanjenja LDL kolesterola i samim time pojavu kardiovaskularnih bolesti. Jaja također sadrže i lecitin koji poboljšava razvoj živčanog tkiva i mentalne sposobnosti. Sadrže razne lipoproteine koji su pokretači rasta u djece, osim toga ti lipoproteini pokreću rast više vrsta stanica u sisavaca koji konzumiraju jaja. Jaja sadrže i značajne količine kolesterola koje se koriste u pripremi hrane za nedonoščad jer je to tvar koja je značajna za razvoj stanica i metabolizam lipoproteina. Iz zdravstvenog aspekta kvaliteta jaja može se poboljšati obogaćivanjem jaja s omega-3 masnim kiselinama, karotenoidima, organskim selenom, kromom i vitaminom E. Jaja obogaćena gore navedenim nutrijentima kod konzumenata mogu prevenirati visoki krvni tlak i smanjiti razinu LDL- kolesterola i triglicerida u krvi. Također, konzumacija ovih obogaćenih jaja može spriječiti trombozu, agregaciju krvnih pločica i moždani udar. Jaja se prema kvaliteti na osnovu niza pokazatelja mogu klasirati u dvije skupine. Skupinu A u koju spadaju svježija jaja, i skupinu B gdje pripadaju jaja namijenjena za industrijsku preradu. Da bi se jaja mogla označiti klasom A, te kao takva prodavati ona moraju ispunjavati niz uvjeta, kao što su npr.: ljuska mora biti normalnog oblika, čista i bez oštećenja, zračna komorica ne smije biti veća od 6 mm, bjelanjak mora biti bistar i kompaktan, žumanjak se pri prosvjetljavanju treba vidjeti kao sjena nejasnih obrisa te bi se trebao nalaziti u sredini jajeta, zametak treba biti neprimjetno razvijen, jaje ne smije imati strane tvari i mirise. Kvaliteta jaja u Hrvatskoj je definirana Pravilnikom o tržišnim standardima za jaja. U tom pravilniku jasno su definirana pravila kojih se proizvođači i prodavači moraju pridržavati kako bi jaja mogli plasirati na tržište. Prema podacima FAOSTAT-a proizvodnja svježih jaja u 2022. godini iznosila je oko 87 milijuna tona što bi bilo oko 1 bilijun i 652 milijarde jaja. U Republici Hrvatskoj u 2022. godini zabilježena je proizvodnja od 611,2 milijuna komada, a potrošnja po članu kućanstva iznosi oko 158 komada što je oko 9,4 kg. U svijetu se u posljednje vrijeme sve više podiže svijest o izvoru hrane te o kvaliteti. Potrošači su u potrazi za jajima visoke kvalitete te sve više pridaju pozornost načinu na koji su ta jaja proizvedena.

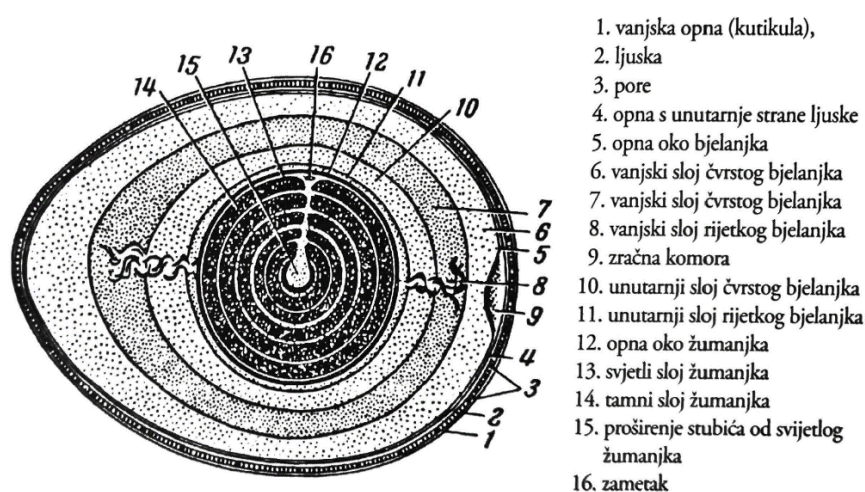
Jaja se prema načinu držanja peradi dijele na: jaja iz ekološkog uzgoja, jaja iz slobodnog uzgoja, jaja iz štalskog (podnog) uzgoja te na jaja iz kaveznog (baterijskog) uzgoja. Potrošači su svjesni da postoji više načina držanja i uzgajanja peradi od kojih se dobivaju jaja te su spremni platiti veću cijenu kako bi dobili proizvod koji je proizveden na ekološki prihvatljiviji način iako je on po kvaliteti zapravo gotovo identičan jajima proizvedenim na drugi način. Postoji više različitih vrsta peradi u koje nam spadaju: kokoši, pure, patke, guske, prepelice, fazani itd. Različite vrste peradi imaju različite karakteristike te proizvode jaja različitih oblika, veličina i kvalitete. Različite vrste peradi imaju različite biološke navike, genetske predispozicije, različite okolišne uvijete u kojima žive te različite hranidbene navike koje mogu utjecati na kvalitetu jaja.

Cilj ovog rada bio je analizirati vanjske i unutarnje pokazatelje kvalitete jaja različitih vrsta peradi (kokoši, fazana, prepelica, pura, patka i guska) nabavljenih na području Osječko-baranjska županije na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima. S obzirom da je kvaliteta masti u jajima izuzetno važna za zdravlje konzumenata u radu je cilj bio i odrediti profil masnih kiselina, izračunati nutritivne indekse i odrediti oksidaciju masti u žumanjcima.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Građa jaja

Jaje je eliptičnog oblika čiji indeks iznosi 74 (kreće se od 68 do 86). Jaje se sastoji od tri glavna dijela: ljuske, bjelanjka i žumanjka (slika 1). Ljuska je tvrdi dio jajeta koji zadržava unutarnji tekući sadržaj da se ne razlije. Ispod ljuske jajeta nalaze se dvije opne. Jedna opna se nalazi uz unutarnje strane ljuske, a druga se nalazi oko bjelanjka. Između ove dvije opne nalazi se zračna komorica koja se nalazi na tupom kraju jajeta, a nastaje uslijed sakupljanja unutarnjeg sadržaja i hlađenja. Zračna komorica se povećava uslijed čuvanja iz razloga što iz jajeta isparava voda. Uslijed isparavanja vode zračna komorica se povećava te se na temelju visine odnosno veličine zračne komorice može odrediti starost jaja. Opna koja se nalazi uz ljusku tri puta je deblja od unutarnje opne (debljina unutarnje opne iznosi 0,015 mm, a debljina opne uz ljusku jajeta iznosi 0,05 mm). Opne su građene od slabo impregniranih organskih niti. (Senčić i Samac, 2017.).



Slika 1. Prikaz građe jajeta

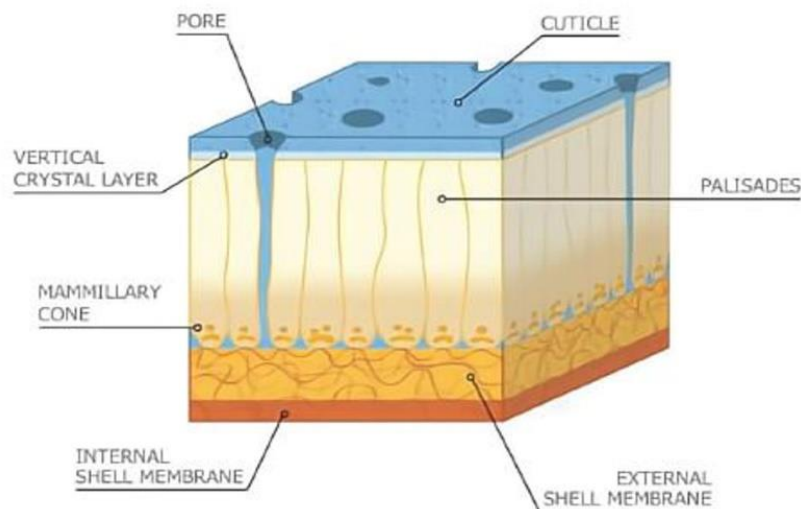
(Izvor: Senčić, 2011.)

Ispod unutarnje opne nalazi se bjelanjak koji se sastoji od 3 različite konzistencije, a to su rijetki bjelanjak (prvi do ljuske), gusti bjelanjak i ponovno rijetki bjelanjak (prvi do žumanjka). U sredini jajeta nalazi se žumanjak koji je obavijen žumanjčanom opnom. Žumanjak se uvijek nalazi u sredini zahvaljujući spiralnim tvorevinama gustog bjelanjka

koje se nazivaju helaze. Žumanjak čine svjetlije i tamnije žute nijanse koje se izmjenjuju u koncentričnim krugovima. Žumanjak je lakši od bjelanjka, a na površini žumanjka nalazi se zametna pločica (Kralik i sur., 2008.).

### 2.1.1. Ljuska jaja

Ljuska je vanjski i najčvršći dio jaja (slika 2). Ljusku čini organska osnova (proteini koji su nalik kolagenu) koji u svom sastavu sadrže uklopljene mineralne tvari (kalcijevi i magnezijevi karbonati i fosfati). Ljuska jajeta je s vanjske strane obavijena tankim slojem mucina koji se još naziva kutikula. Ispod kutikule nalazi se spužvasti sloj koji čini najveći dio ljuske. S unutarne strane ljuske ispod spužvastog dijela nalaze se vanjska ljuskasta membrana i unutarnja ljuskasta membrana koja je u doticaju s bjelanjkom. Na ljusci se nalaze male sitne pore koje su čak vidljive i golim okom. Najviše pora se nalazi na tupom dijelu jajeta, a najmanje na šiljastom dijelu jajeta. Uloga pora na jajetu je izmjena plinova između atmosfere i unutrašnjosti jaja, pa je na taj način i omogućeno disanje zametka. Kanalići koji se protežu uspravno kroz ljusku povezuju pore s unutrašnjosti jajeta. Debljina ljuske kreće se od 0,26 do 0,36 mm, a ona ovisi o genotipu, hranidbi, sezoni nesjenja i o drugim čimbenicima (Senčić i Samac, 2017.).



Slika 2. Prikaz građe ljuske jajeta

(Izvor: Hincke i sur., 2010.)

### 2.1.2. Bjelanjak jaja

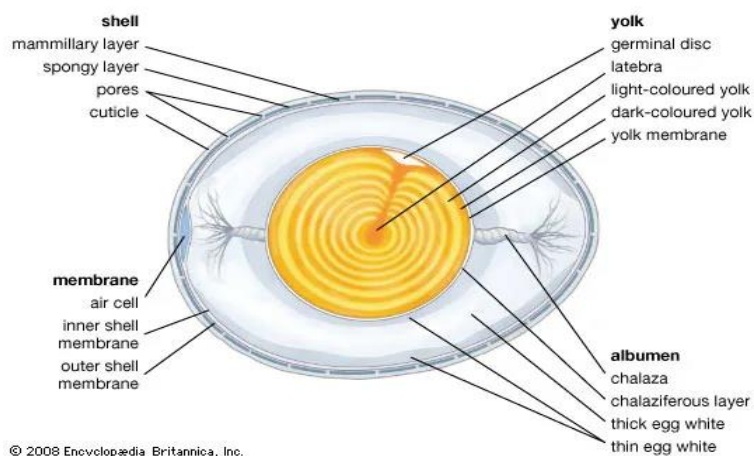
Bjelanjak svojim udjelom zauzima najveći dio jaja. Sadrži oko 85-88% vode i 12-15% suhe tvari. Bjelanjak sadrži dosta bjelančevina među kojima od jednostavnih možemo spomenuti



ovalbumin, konoalbumin i ovoglobulin. Od složenih bjelančevina, bjelanjak sadrži glikoproteine, ovomucin i ovomukoid. Bjelanjak sadrži i ugljikohidrate od kojih u najvećoj mjeri ima glukoze, galaktoze i manoze. Mineralnih tvari u bjelanjku ima oko 0,5- 0,6%, dok masti ima samo u tragovima (Kralik i sur., 2008.).

### 2.1.3. Žumanjak jaja

Žumanjak se sastoji od velike količine rezervnih hranjivih tvari kojima hrani zametak u prvim danima života te mu osigurava dovoljno energije. Žumanjak je razvijena jajna stanica koja je u pravilu loptastog oblika i obavijen tankom opnom koja se naziva žumanjčana vrećica (slika 3). Žumanjčana vrećica je vrlo tanka opna koja je dosta čvrsta i skoro bezbojna. Na površini žumanjka nalazi se disk koji je kod neoplođenog jaja manjeg promjera, dok je kod oplođenog jaja disk dosta veći te se u njemu vide znaci zametka. Središnji dio žumanjka promjera je oko 6 mm, a on se naziva latebra (okruglasta jezgra). Latebra je povezana sa diskom preko vrata latebre (trake svijetlog žumanjka). Latebra je okrugli svijetli tekući žumanjak, a oko nje su složeni izmjenično koncentrični slojevi tamnijeg i svjetlijeg žumanjka. Slojevi žumanjka su pokazatelji porasta žumanjka po danima. Oni slojevi koji su svjetliji od drugih slojeva imaju manje količine pigmenata i masti. Ako je količina masti i pigmenata u hrani uvijek ista, tada se slojevi žumanjka ne mogu razlikovati (Senčić i Samac, 2017.).



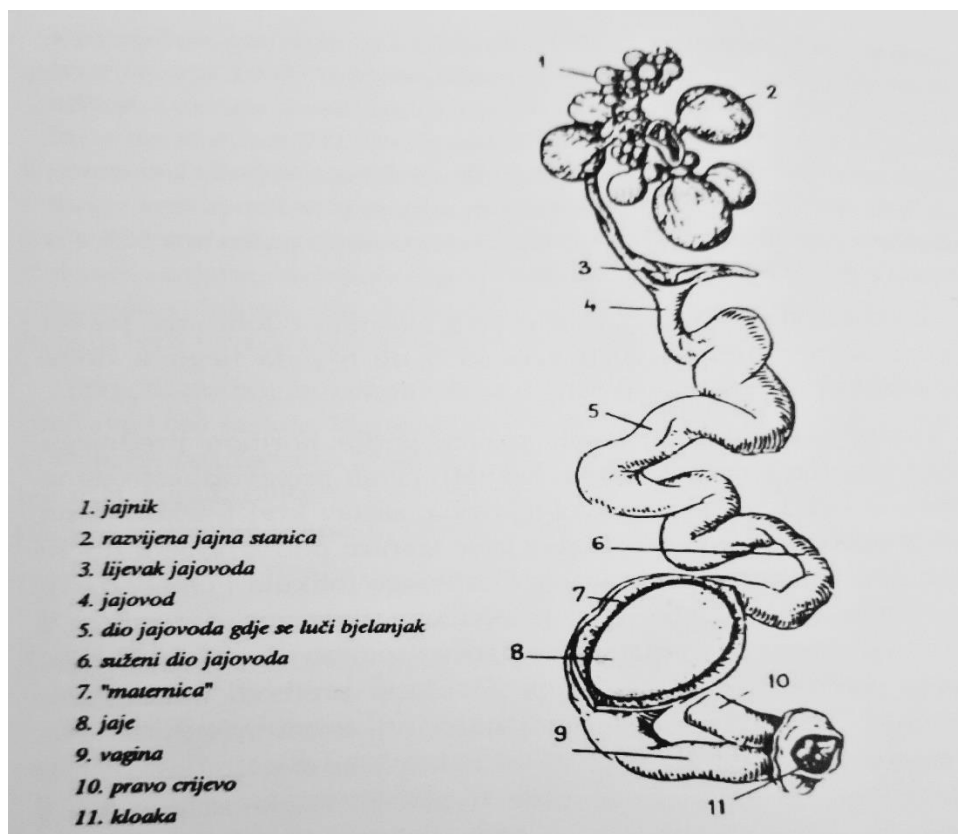
Slika 3. Prikaz građe žumanjka jajeta

(Izvor: <https://www.britannica.com/science/egg-biology>)

Žumanjak sadrži oko 48,7% vode, 32,6% masti, 16,6% bjelančevina, 1,0% ugljikohidrata i 1,1% mineralnih tvari (Kralik i sur., 2008.).

## 2.2. Fiziologija formiranja jaja

Jaja peradi formiraju se u ženskom spolnom sustavu koji se sastoji od: jajnika (ovarija), jajovoda (oviducta), maternice (uterusa) i rodnice (vagine) koja završava kloakom (Senčić, 2011.). Reproductivni sustav kokoši prikazan je na slici 4.



Slika 4. Reproductivni sustav kokoši

(Izvor: Senčić, 2011.)

Formiranje jaja započinje u jajniku koji je grozdastog oblika te se sastoji od puno sitnih jajnih stanica- oocita (žumanjaka). Kokoš za vrijeme svog produktivnog života razvije oko 1 500 jajnih stanica, a smatra se da svaka kokoš u svom reproductivnom sustavu ima oko 12 000 jajnih stanica. Jajnici su različite veličine u vrijeme nesivosti jaja kada im je veličina i do 5 puta veća u odnosu na veličinu u doba mitarenja. Za poticanje i početak sazrijevanja jajnih stanica zaslužan je hormon prednjeg režnja hipofize- gonadotropin I (FSH). Sam jajnik utječe na razvoj jajovoda, sastav krvi i sekundarna spolna obilježja tako što proizvodi estrogene hormone. Za razvoj jajne stanice potrebno je oko 8 do 10 dana. Nakon razvoja jajne stanice dolazi do pucanja Grafovog folikula odnosno ovulacije. Pucanje Grafovog folikula i oslobađanje jajne stanice je pod utjecajem gonadotropina II (LH). Na pojačano

izlučivanje gonadotropnih hormona utječe svjetlost te zbog toga dužina dana ima izravan utjecaj na ovulaciju. Da bi se dogodila ovulacija, tijelo kokoši nastoji nakupiti rezervne hranjive tvari tako što formira žumanjak. Kod nakupljanja rezervnih hranjivih tvari prvo se nakupljaju ovovitelini i ostale bjelančevine, a nakon toga se nakupljaju lipidi. Sinteza lipida događa se u jetri koji nakon sinteze krvlju budu transportirani do jajnika. Nakon što se desi prskanje opne Grafovog folikula zrela jajna stanica (žumanjak) pada u prvi dio jajovoda koji se naziva infundibulum. Ovulacija se događa 15 do 17 minuta nakon prethodnog nesenja jaja. Ovulacija se dešava pod utjecajem hormona ovulacije (gonadotropina II- LH) koji se izluči 5 do 8 sati prije ovulacije. U ljevkastom dijelu jajovoda (infundibulumu) se događa oplodnja jajne stanice te tako nastaje zametak. U infundibulumu se svi procesi završe za oko pola sata. Nakon oplodnje u infundibulumu peristaltička kretanja stjenke jajovoda žumanjak potiskuju u sljedeći dio jajovoda koji se naziva magnum. Stijenke magnauma su bogate žlijezdama koje izlučuju bjelanjak koji se koncentrično slaže oko žumanjka. U magnumu se događa rotacija do tog dijela stvorenog jajeta te tako stvaraju vezice ili helaze koje imaju ulogu držanja žumanjka u središtu jajeta. Najveći dio bjelanjka stvori se u magnumu, a preostali dio stvori se u istmusu. U magnumu se jaje zadržava oko 3 sata, a u istmusu oko 1 do 1,5 sati. U istmusu se događa još ugradnja vode te nakon toga kreće proces stvaranja opne oko bjelanjka. Opna se stvara tako što pod utjecajem prisutnosti jajeta žlijezde istmusa izlučuju sitne ljuskice keratina koje nakon što upiju vodu nabubre te na taj način stvaraju ljepljiva vlakna koja se prepliću oko bjelanjka. Ljuska jaja stvara se u maternici odnosno uterusu. Za stvaranje ljuske potrebni su mineralni sastojci: kalcij, magnezij i fosfati. Ljuska nastaje na način da se u stanicama tzv. „ljuskinih žlijezda“ oslobađa ugljični dioksid koji u kombinaciji s vodom daje ugljičnu kiselinu. Ugljična kiselina je slaba kiselina koja disocira na bikarbonat i vodikov ion. Bikarbonat u kombinaciji s kalcijem iz krvi stvara kalcijev karbonat koji je glavni sastojak ljuske, dok vodikov ion odlazi u krv. Oksitocin je hormon koji je vrlo važan za kontrakciju uterusa kako bi jaje bilo izbačeno iz rodnice u vanjsku sredinu. Suprotan efekt oksitocina imaju adrenalin i efedrin. To su hormoni koji dovode do relaksacije uterusa što može rezultirati kasnijim nesenjem jaja. Ukupno vrijeme formiranja jaja (od ulaska u lijevak jajovoda do ovipozicije odnosno nesenja) traje oko 23 do 24 sata. Jajovod kod kokoši koje imaju intenzivnu proizvodnju jaja je dužine oko 65 cm, dok je jajovod kod mladih pilenki dužine oko 15 cm. (Senčić, 2011.).

### 2.3. Kvaliteta jaja

Kvaliteta jaja je vrlo kompleksan pojam koji obuhvaća niz analiza koji uključuju veliki broj fizikalnih i kemijskih pokazatelja. Općenita podjela pokazatelja koji određuju kvalitetu jajeta može biti na unutarnja i vanjska. Pokazatelji vanjske kvalitete jaja su: masa jaja, indeks oblika, čvrstoća i debljina ljuske, boja ljuske, zaprljanost i oštećenja na ljusci. Unutarnja kvaliteta jaja se odnosi na puno više pokazatelja kao što su na primjer: boja žumanjka, pH vrijednost žumanjka i bjelanjka, indeks žumanjka i bjelanjka, visina bjelanjka, Haugh jedinice, vrijednosni broj, stupanj starenja i te razne analize vezane za kemijski sastav jaja (Kralik i sur., 2008.).

Masa jaja ovisi o vrsti peradi, dobi nesilica, ciklusu nesenja, spolnom sazrijevanju, godišnjem dobu (svijetlost, temperatura), hranidbi i drugim čimbenicima. Masa jaja kod mladih nesilica u prvim tjednima nesenja je manja, no već nakon 2-3 tjedna jaja poprimaju prosječnu karakterističnu masu. Starije nesilice uglavnom nose jaja većih masa. S obzirom na masu, jaja se prilikom stavljanja u promet razvrstavaju u četiri razreda i označavaju sa:

- „XL“ - vrlo velika jaja koja imaju masu od 73 grama i više
- „L“ - velika jaja mase od 63 do 73 grama
- „M“ - srednja jaja mase od 53 do 63 grama
- „S“ - mala jaja koja imaju masu manju od 53 grama (Kralik i sur., 2008.).

Indeks oblika je vanjski pokazatelj kvalitete jaja a izražava u postocima kada širinu jaja podijelimo s dužinom jaja, te dobiveni broj pomnožimo sa 100. Ovo vanjsko svojstvo ili pokazatelj nam daje bitne informacije o obliku jaja. Jaja nepravilnijeg oblika pokazuju lošije rezultate inkubiranja, a takva jaja su također i neprikladna za pakiranje u ambalažu za prodaju (Kralik i sur., 2008.).

Čvrstoća i debljina ljuske izrazito su bitna svojstva zbog toga što jaja moraju imati određenu čvrstoću i debljinu kako bi se mogla normalno transportirati te kako bi se s njima moglo normalno rukovati. Debljina ljuske kokošjih jaja varira između 0,24 i 0,43 mm. Potrebna debljina da bi se jaja mogla sigurno transportirati je 0,34 mm. Starije kokoši uglavnom nose jaja manje debljine ljuske od mlađih kokoši. Korelacija između debljine ljuske i čvrstoće ljuske je 0,33- 0,77. Elektronski mikrometar je specijalni instrument koji se koristi za mjerenje debljine ljuske, a Eggshell force gauge model II je specijalni instrument za mjerenje

čvrstoće ljuske. Kod mjerenja debljine i čvrstoće ljuske obavezno se mora naznačiti mjesto mjerenja zbog toga što je ljuska tanja na sredini jaja u usporedbi s debljinom na polovima jaja (Kralik i sur., 2008.). Ljuboja (2016.) navodi da se debljina domaćih pačjih jaja kreće u rasponu od 0,401 mm do 0,570 mm a čvrstoća ljuske pačjih jaja kreće se u rasponu od 2,59 kg/cm<sup>2</sup> do 4,87 kg/cm<sup>2</sup>. Ista autorica navodi da je debljina ljuske guščjih jaja u prosjeku 0,588 mm a čvrstoća ljuske 5,58 kg/cm<sup>2</sup>. Također navodi i vrijednosti debljine i čvrstoće ljuske purjih jaja koje iznose 0,419 mm i 5,01 kg/cm<sup>2</sup>.

Pod unutarnja svojstva kvalitete jaja važno kemijsko svojstvo nam je pH žumanjka i bjelanjka. Žumanjak jajeta bi trebao reagirati kiselo i imati pH oko 6,0. Bjelanjak bi trebao reagirati alkalno i imati pH oko 7,6. Ljuska jaja ima sitne pore te je zbog toga moguće prodiranje ugljičnog dioksida te narušavanje ravnoteže između plinovitih i otopljenih tvari što dovodi do promjene koncentracije ugljikovih iona koji bi direktno mogli utjecati na promjenu pH. Bjelančevine i slobodne aminokiseline unutar jaja imaju sposobnost puferizacije ove pojave te se iz tog razloga promjene u pH ne događaju (ili su one minimalne). pH jaja može se vrlo lako provjeriti pomoću instrumenta koji se naziva pH metar (Kralik i sur., 2008.).

Visina žumanjka se mjeri pomoću posebne naprave koja se naziva tripodni mikrometra s točnošću od 0,01 mm, dok se promjer mjeri posebnim mjerilom također s točnošću od 0,01 mm. Izmjerenom visinom i promjerom žumanjka može se dobiti indeks žumanjka tako što se oni međusobno podjele i pomnože sa 100. Vrijednosti indeksa žumanjka iznose od 30-50%, a ovisi o vrsti, pasmini, dobi nesilica, uvjetima i trajanju čuvanja jaja. Indeks bjelanjka predstavlja relativnu visinu gustog bjelanjka koja se izražava u promilima. Određuje se metodom u kojoj se u omjer stavljaju visina gustog bjelanjka i površina razlivenog bjelanjka (Kralik i sur., 2008.).

Haughova jedinica unutarnje je svojstvo jaja koje se određuje na osnovi ukupne mase jaja i visine gustog bjelanjka. Visina gustog bjelanjka je svojstvo koje duljinom čuvanja i uvjetima čuvanja mijenja svoju strukturu, a uključena je u izračun HJ iz razloga što je izravan pokazatelj kvalitete jaja. Dužim ili nepravilnim čuvanjem jaja dolazi do razgradnje mucinskih niti što utječe na smanjenje količine gustog bjelanjka i povećanje količine razlivenog bjelanjka. Zbog povećanja količine razlivenog bjelanjka Haugh jedinice jaja imaju manju vrijednost (Kralik i sur., 2008.).

Vrijednosni broj se zasniva na metodi koja uključuje indeks loma bjelanjka i žumanjka. Da bi se dobio vrijednosni broj potrebno je odvojiti žumanjak od bjelanjka te ih homogenizirati zasebno i odrediti im refrakciju na temperaturi od 25°C. Od indeksa loma žumanjka oduzme se indeks loma bjelanjka te se rezultat pomnoži s 1000 da bi se dobio vrijednosni broj jaja (Kralik i sur., 2008.).

Stupanj starenja jaja određuje se na način da se odredi indeks loma žumanjka koji se ispituje te se on uvrsti u formulu u kojoj se nalazi indeks loma standardnog žumanjka. Od indeksa loma standardnog žumanjka oduzme se indeks loma ispitivanog žumanjka te se dobiveni rezultat pomnoži sa 1000 da bi se dobio stupanj starenja jaja (Kralik i sur., 2008.).

#### **2.4. Pravilnik o tržišnim standardima za jaja**

Na temelju Zakonu o poljoprivredi ministar poljoprivrede, šumarstva i ribarstva donio je u 2024. godini novi Pravilnik o tržišnim standardima za jaja (NN 80/24). Pravilnik se odnosi na jaja koja su proizvedena u Republici Hrvatskoj, jaja koja se uvoze na tržište Republike Hrvatske iz država članica Europske unije, jaja koja se uvoze iz trećih zemalja te jaja namijenjena izvozu. U Pravilniku su naveden upute vezane za nazive, definicije i opće uvijete kojima konzumna jaja moraju udovoljavati. Jaja koja se proizvode za tržište moraju se proizvoditi, pakirati, čuvati i transportirati na način na koji se osigurava očuvanje njihove kakvoće. Jaja se moraju klasirati, označiti i pakirati u roku 10 dana od dana nesenja, osim ako se radi o jajima A klase kojima je rok za klasiranje, označavanje i pakiranje 4 dana od dana nesenja. U članku 5 stavku 1 aktualnog pravilnika navodi se da razvrstavanje jaja u razred kvalitete mora biti u skladu s odredbama navedenim u Prilogu VII. dijelu VI. odjeljku II. Uredbe (EU) br. 1308/2013. jaja se razvrstavaju u dvije klase vezano za svježinu: A klasa (svježa jaja) i B klasa (jaja namijenjena industrijskoj preradi). Prema masi jaja se razvrstavaju u 4 razreda (S, M, L i XL). Pravilnik jasno opisuje opće odredbe za označavanje i pakiranje jaja u kojima je jasno opisano kako se pravilno trebaju označiti jaja te pakiranja za jaja. Na jajima A klase mora se nalaziti kod koji se sastoji od: podatka o načinu uzgoja peradi, države podrijetla i broja proizvođača. Na pakiranjima za jaja mora se nalaziti: minimalni rok trajanja, oznaka datuma pakiranja, preporučeni datum prodaje, oznaka datuma nesenja, oznaka načina uzgoja peradi, oznaka načina hranjenja, oznaka podrijetla jaja (Pravilnik o tržišnim standardima za jaja, 2024.).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Uzorkovanje jaja različitih vrsta peradi

Na području Osječko-baranjske županije na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima koji se bave uzgojem peradi kupljena su jaja za potrebne analize (Slika 4). Uzorci jaja prikupljeni su u nekoliko navrata u period od travnja do svibnja 2024. Odmah nakon kupovine jaja, jaja su transportirana na Fakultete agrobiotehničkih znanosti Osijek, gdje su obavljene daljnje analize u prostorima Laboratorija za kvalitetu animalnih proizvoda.



Slika 5. Jaja guske, kokoši, fazana i prepelice

(Izvor: Kralik, Z. 2022.)

#### 3.2. Analiza kvalitete jaja

Ukupno je za potrebe analize kvalitete korišteno 136 jaja (30 kokošnjih, 30 fazanskih, 30 prepeličjih, 20 purjih, 20 pačjih i 6 guščjih). Sve analize napravljene su na svježim jajima. Za potrebe analize kvalitete jaja utvrđeni su: dužina i širina jaja, indeks oblika, masa jaja i masa osnovnih dijelova u jajetu, udjeli osnovnih dijelova u jajetu, čvrstoća i debljina ljuske, boja žumanjka, visina i promjer žumanjka, indeks žumanjka, pH bjelanjka i pH žumanjka. Dužina i širina jaja izmjereni su pomičnom mjerkom s mjernim područjem od 0-30 mm / 0-12 '' (Insize, SAD). Indeks oblika jaja izračunat je iz vrijednosti dužine i širine jaja, a izražen je u % (indeks oblika jaja (%) = širina jaja / dužina jaja \* 100). Masa jaja i osnovnih dijelova u jajetu izmjerena su na digitalnoj vagi Mettler Toledo (BBK 422-6 DXS), a korištenjem

ovih vrijednosti izračunati su udjeli osnovnih dijelova u jajetu. Automatskim uređajem Digital Egg Tester - DET 6500 (Nabel,Co., Ltd, Japan) izmjereni su sljedeći pokazatelji kvalitete jaja: čvrstoća (N) i debljina ljuske (mm), visina bjelanjka (mm), Haugh units (HU), visina i promjer žumanjka (mm) te boja i indeks žumanjka (slika 5).



Slika 6. Automatskim uređajem Digital Egg Tester - DET 6500 (Nabel,Co., Ltd, Japan)

(Izvor: Kralik, Z. 2022.)

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 pomoću pH metra MP 120 (Mettler Toledo, model SevenEasy).

### 3.3. Analiza profila masnih kiselina u žumanjcima jaja

Za analizu profila masnih kiselina u žumanjcima jaja uzorkovano je ukupno 66 jaja od čega su: 10 kokošnjih, 10 fazanskih, 20 prepeličjih, 10 purjih, 10 pačjih i 6 guščjih. Uzorci guščjih jaja analizirani su u paralelnim uzorcima, dok je za potrebe analize profila masnih kiselina prepeličjih jaja za jednu analizu homogenizirano 2 žumanjka. 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 SCION 436-GC (SCION Instruments), opremljenog kapilarnom kolonom tipa FAMEWAX (RESTEK, Bellefonte, USA) (unutarnji promjer 30x0,32 mm, film 0,25  $\mu$ m) i plamenim detektorom. Volumen uzorka za injektiranje bio je 1  $\mu$ L, a radni uvjeti sljedeći: temperatura injektora: 230  $^{\circ}$ C, temperatura detektora 230  $^{\circ}$ C, protok plina nosioca (vodik) 2.5 mL/min.



Temperaturni program pećnice programiran je na sljedeći način: od 50 do 160 °C: 20 °C/min, od 160 do 225 °C: 10 °C/min uz zadržavanje na 225 °C devet minuta. Ukupno trajanje analize je 21 minutu. Za identifikaciju pojedinačnih masnih kiselina korištena je standardna smjesa 37 masnih kiselina (Food Industry FAME Mix, Restek Corporation, Bellefonte, PA, SAD). Udjeli pojedinačnih masnih kiselina prikazani su kao postotak ukupnih masnih kiselina u lipidima analiziranog uzorka.

### 3.4. Indeks zdravstvene kvalitete lipida u žumanjcima jaja (nutritivni indeksi)

Koristeći se rezultatima analize profila masnih kiselina u žumanjcima jaja izračunati su nutritivni lipidni indeksi. Chen i sur. (2016.) razvili su formulu za izračun indeksa nutritivne vrijednosti u kojem su promatrali samo dominantne masne kiseline (palmitinsku C16:0; stearinsku C18:0 i oleinsku C18:1n-9) u hrani životinjskog podrijetla. Indeks nutritivne vrijednosti za jaja različitih vrsta peradi izračunat je prema sljedećoj formuli:

$$\text{Indeks nutritivne vrijednosti} = (\text{C18:0} + \text{C18:1n9}) / (\text{C16:0})$$

Također iz podataka profila masnih kiselina u žumanjcima jaja, izračunati su aterogeni indeks (AI) i trombogeni indeks (TI). Za njihov izračun korištene su formule prema Omri i sur. (2019.) Aterogeni indeks ukazuje na odnos između glavnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina. Niže vrijednosti ovog indeksa ukazuju na bolja nutritivna svojstva jaja.

$$\text{AI} = (\text{C12:0} + 4 \times \text{C14:0} + \text{C16:0} + \text{C18:0}) / (\text{UFA})$$

Gdje je :

$$\text{UFA} = \sum \text{MUFA} + \sum \text{n-6 PUFA} + \sum \text{n-3 PUFA}$$

Trombogeni indeks koristi se za daljnju karakterizaciju trombogenog potencijala masnih kiselina, razdvajajući ih na pro-trombogene (C12:0, C14:0 i C16:0) i anti-trombogene masne kiseline (MUFA, n-3 i n-6 PUFA). Niže vrijednosti ovog indeksa ukazuju na bolja nutritivna svojstva jaja.

$$\text{TI} = (\text{C14:0} + \text{C16:0} + \text{C18:0}) / [(0,5 * \sum \text{PUFA}) + (0,5 * \sum \text{n-6 PUFA}) + (3 * \sum \text{n-3 PUFA}) + (\sum \text{n-3 PUFA} / \sum \text{n-6 PUFA})]$$

Hhiper/ hipokolesterolemični omjer izračunat je prema jednadžbi Santos-Silva i sur. (2002.)

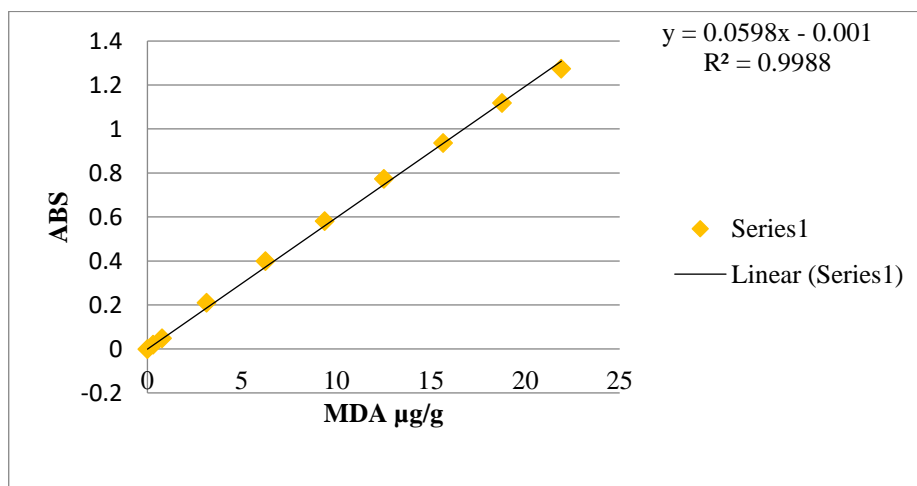
$$\text{HH omjer} = (\text{C18:1n-9} + \sum \text{PUFA}) / (\text{C14:0} + \text{C16:0})$$

Gdje je:

$$\sum \text{PUFA} = \text{C18:2 n-6} + \text{C18:3 n-6} + \text{C20:2 n-6} + \text{C20:3 n-6} + \text{C20:4 n-6} + \text{C18:3 n-3} + \text{C20:3n-3} + \text{C20:5 n-3} + \text{C22:6 n-3}$$

### 3.5. Analiza oksidacije lipida u žumanjcima

Za potrebe određivanja oksidacije lipida u žumanjcima jaja uzorkovano je 66 jaja (10 kokošnjih, 10 fazanskih, 20 prepeličjih, 10 purjih, 10 pačjih i 6 guščjih). Oksidacija lipida u žumanjku određena je na svježim jajima. Priprema uzorka za analizu oksidacije masti obavljena je na sljedeći način: 4 g žumanjka odvagano je u epruvetu i dodano je 12 ml 10%-tna trikloroocetna kiselina, smjesa je homogenizirana i centrifugirana 15 minuta na 5500 x g na 4°C.



Grafikon 1. Standardna krivulja za izračun oksidacije lipida u žumanjcima jaja

Nakon centrifugiranja otpipetirano je 2,5 ml supernatanta kojemu je dodano 1 ml otopine tiobarbiturne kiseline (pH 2,5). Epruvete se zatvore i urone u vodenu kupelj na 95°C 30 minuta. Nakon hlađenja dodano je 1,5 ml destilirane vode i smjesa je centrifugirana 15 minuta na 5500 x g na 4°C. Sadržaj obojenog produkta koji nastaje reakcijom produkata lipidne peroksidacije s tiobarbiturnom kiselinom izmjeren je spektrofotometrijski na 532 nm (Genesys 10S UV-VIS, Thermo Scientific, USA). Dobivene vrijednosti uspoređene su sa standardnom krivuljom (Grafikon 1) priređenom pomoću standarda malondialdehid tetrabutilamonijeve soli (Sigma-Aldrich, Švicarska), a iskazane u µg MDA/g žumanjka.

### **3.6. Statistička obrada podataka**

Rezultati istraživanja obrađeni su pomoću statistička programa TIBCO® Statistica™ Version 14.0.0.15. Version 13.5.0.17, ©1984-2018 TIBCO Software inc. (2018). U analizi je korištena deskriptivna statistika, a za neke podatke analiza varijance. Za utvrđivanje značajnih razlika između ispitivanih skupina na razini  $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$  i  $P < 0,001$  korišten je Fisherov LSD-test. Rezultati istraživanja prikazani su u tablicama i grafikonima uz adekvatne opise i usporedbe.

## 4. REZULTATI

Na tablici 1 prikazani su rezultati kvalitete kokošnjih jaja iz koji je vidljivo da su jaja prema masi pripadala S razredu (57,08 g). Prosječna dužina jaja iznosila je 55,50 mm a širina 42,51 mm. Iz mjera dužine i širine izračunat je indeks oblika, koji je u prosjeku iznosio 76,68%. Masa bjelanjka kretala se od 27,13 g do 47,36 g, a u prosjeku je iznosila 35,77 g, što je 62,39% u odnosu na masu jaja. Masa žumanjka u prosjeku je bila 16,09 g, a masa ljuske 5,20 g, što je u prosjeku iznosilo 28,43 % odnosno 9,18%.

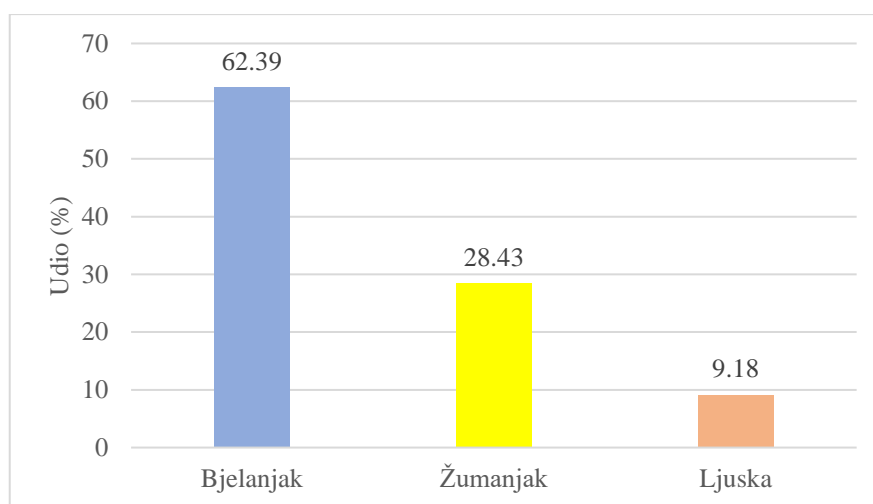
Tablica 1. Pokazatelji kvalitete kokošnjih jaja (n=30)

Pokazatelji	$\bar{x}$	sd	Minimum	Maksimum
Dužina jaja, mm	55,50	2,42	48,00	60,50
Širina jaja, mm	42,51	1,78	36,00	46,50
Indeks oblika, %	76,68	3,34	70,24	83,63
Masa jaja, g	57,08	4,48	49,30	67,40
Masa bjelanjka, g	35,77	5,38	27,13	47,36
Masa žumanjka, g	16,09	1,71	12,89	19,98
Masa ljuske, g	5,20	0,46	4,30	6,12
Čvrstoća ljuske, N	33,00	5,92	23,30	49,30
Debljina ljuske, mm	0,34	0,04	0,28	0,43
Visina bjelanjka, mm	4,53	0,75	3,30	5,90
HU	65,18	7,81	47,00	76,60
Boja žumanjka	10,73	0,94	9,00	13,00
Visina žumanjka, mm	15,15	1,29	12,40	17,30
Promjer žumanjka, mm	42,99	3,48	30,70	50,30
Indeks žumanjka	0,354	0,04	0,277	0,537
pH bjelanjka	9,38	0,03	9,32	9,44
pH žumanjka	6,14	0,06	6,01	6,28

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija

Čvrstoća i debljina ljuske jaja važni su vanjski pokazatelji kvalitete jaja jer o njima ovisi postotak oštećenja i zaprljanosti ljuske. Čvrstoća ljuske kokošnjih jaja kretala se u rasponu od 23,30 N do 49,30 N, a u prosjeku je to iznosilo 33 N. Prosječna vrijednost debljine ljuske iznosila je 0,34 mm, a raspon vrijednosti za ovaj pokazatelj kretao se od 0,28 mm do 0,43 mm. Od pokazatelja unutarnje kvalitete jaja analizirana je visina bjelanjka koja je u prosjeku iznosila 4,53 mm. Uzimajući u izračun visinu bjelanjka, masu jaja i određene konstante, izračunata je i vrijednost HU koja je u prosjeku iznosila 65,18. Boja žumanjka je važan pokazatelj kvalitete jaja s gledišta konzumenta i u uzorcima koje smo analizirali u prosjeku je boja žumanjka iznosila 10,73 što ukazuje da bi u hrani mogli intervenirati s nekim

pigmentom. Visina žumanjka kretala se od 12,40 mm do 17,30 a promjer žumanjka od 50,30 mm od 30,70 mm, što u prosjeku iznosi 15,15 mm visina žumanjka odnosno 42,99 mm promjer žumanjka. Iz vrijednosti visine žumanjka i promjera žumanjaka izračunava se indeks žumanjka koji je kod kokošnjih jaja iznosio 0,354. Prosječna vrijednost pH bjelanjka iznosila je 9,38 a žumanjka 6,14.



Grafikon 2. Udjeli osnovnih dijelova u kokošnjem jajetu

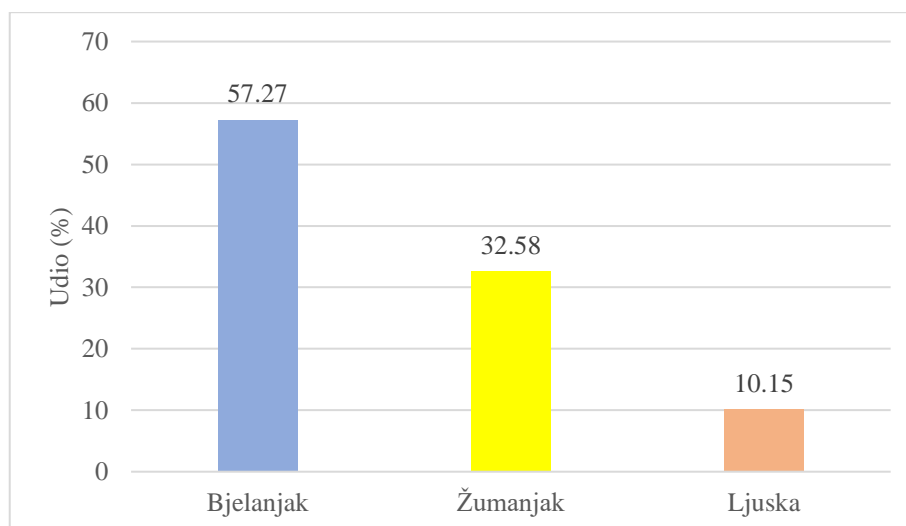
Na tablici 2 prikazani su rezultati kvalitete fazanskih jaja koja su imala prosječnu masu od 32,32 g. Prosječna dužina jaja iznosila je 45,90 mm, dok je prosječna širina jaja iznosila 35,61 mm. Na temelju dužine i širine fazanskih jaja izračunat je indeks oblika koji je u prosjeku iznosio 77,61%. Masa bjelanjka fazanskih jaja kretala se od 15,58 g do 22,61 g, a u prosjeku je iznosila 18,54 g, što je 52,27 %. Masa žumanjka kretala se od 9,44 g do 11,74 g, a u prosjeku je iznosila 10,51 g (32,58%). Masa ljuske fazanskih jaja iznosila je prosječno 5,20 g, što je u prosjeku iznosilo 10,15%. Fazanska jaja imala su sličnu čvrstoću ljuske kao kokošja jaja, a ona se kretala u rasponu od 25,90 N do 41,20 N, a u prosjeku je to iznosilo 32,31 N. Najmanja debljina ljuske fazanskih jaja zabilježenih u ispitivanju iznosila je 0,26 mm, a najveća debljina iznosila je 0,34 mm. Prosječna vrijednost debljine ljuske iznosila je 0,29 mm. Kod pokazatelja unutarnje kvalitete jaja izmjerena je visina bjelanjka koja je u prosjeku iznosila 4,26 mm. Uzimajući u izračun visinu bjelanjka, masu jaja i određene konstante, izračunata je i vrijednost HU koja je u prosjeku iznosila 72,77. Boja žumanjka vrlo je važan pokazatelj kvalitete kod kupaca, a ona je u prosjeku iznosila 7,33. Visina žumanjka prosječno je iznosila 15,27 mm, a promjer žumanjka 36,29 mm. Iz vrijednosti

visine žumanjka i promjera žumanjaka izračunava se indeks žumanjka koji je kod ispitivanih jaja iznosio 0,421. pH vrijednost bjelanjka iznosila je 8,67, a pH vrijednost žumanjka iznosila je 6,23.

Tablica 2. Pokazatelji kvalitete fazanskih jaja (n=30)

Pokazatelji	$\bar{x}$	sd	Minimum	Maksimum
Dužina jaja, mm	45,90	1,58	43,00	50,00
Širina jaja, mm	35,61	0,78	34,00	37,00
Indeks oblika, %	77,61	2,49	73,91	82,75
Masa jaja, g	32,32	2,09	29,30	37,30
Masa bjelanjka, g	18,54	1,78	15,58	22,61
Masa žumanjka, g	10,51	0,61	9,44	11,74
Masa ljuske, g	3,27	0,33	2,93	3,97
Čvrstoća ljuske, N	32,31	4,63	25,90	41,20
Debljina ljuske, mm	0,29	0,02	0,26	0,34
Visina bjelanjka, mm	4,26	0,68	3,30	5,80
HU	72,77	5,37	64,10	84,50
Boja žumanjka	7,33	0,99	6,00	9,00
Visina žumanjka, mm	15,27	1,00	13,00	16,80
Promjer žumanjka, mm	36,29	1,29	34,00	39,00
Indeks žumanjka	0,421	0,02	0,371	0,471
pH bjelanjka	8,67	0,16	8,11	8,90
pH žumanjka	6,23	0,06	6,11	6,38

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija



Grafikon 3. Udjeli osnovnih dijelova u jajetu fazana

Na tablici 3 prikazani su rezultati kvalitete prepelićjih jaja koja su imala prosječnu masu od 11,47 grama. Dužina prepelićjih jaja kretala se od 29 mm do 34 mm, a prosječno dužina jaja

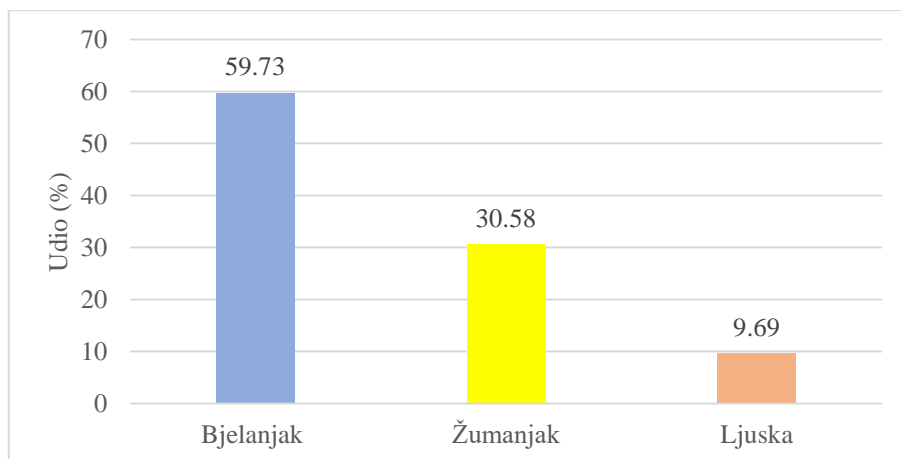
iznosila je 30,96 mm, dok se prosječna širina jaja kretala od 23 mm do 26 mm te je prosječno iznosila 24,10 mm. Indeks oblika iznosio je u prosjeku 77,92%. Masa bjelanjka prepeličjih jaja kretala se od 5,49 g do 8,16 g, a u prosjeku je iznosila 6,85 g odnosno 59,73% od ukupne prosječne mase jaja. Masa žumanjka kretala se od 2,88 g do 4,45 g, a u prosjeku je iznosila 3,51 g (30,58%). Masa ljuske prepeličjih jaja kretala se od 0,90 g do 1,33 g, te je prosječno iznosila 1,11 g, odnosno 9,69%.

Tablica 3. Pokazatelji kvalitete prepeličjih jaja (n=30)

Pokazatelji	$\bar{x}$	sd	Minimum	Maksimum
Dužina jaja, mm	30,96	1,16	29,00	34,00
Širina jaja, mm	24,10	0,75	23,00	26,00
Indeks oblika, %	77,92	3,43	69,11	86,21
Masa jaja, g	11,47	0,72	10,45	13,30
Masa bjelanjka, g	6,85	0,61	5,49	8,16
Masa žumanjka, g	3,51	0,37	2,88	4,45
Masa ljuske, g	1,11	0,10	0,90	1,33
Čvrstoća ljuske, N	10,96	3,55	6,92	16,52
Debljina ljuske, mm	0,219	0,06	0,17	0,56
Boja žumanjka	9,10	1,34	7,00	12,00
pH bjelanjka	9,23	0,06	9,06	9,39
pH žumanjka	6,40	0,08	6,28	6,63

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija

Čvrstoća ljuske prepeličjih jaja bila je dosta manja u odnosu na ispitivana jaja ostalih vrsta peradi te je ona u prosjeku iznosila 10,96 N, a vrijednosti izmjerene u ispitivanju za ovaj pokazatelj kvalitete prepeličjih jaja kretale su se od 6,92 N do 16,52 N. Rezultat tome zasigurno je mala debljina ljuske jaja koja je u prosjeku iznosila 0,219 mm. Boja žumanjka prepeličjih jaja bila je dosta slična jajima ostalih vrsta peradi, ona je iznosila 9,10. pH bjelanjka kretao se od 9,06 do 9,39, a prosječno je iznosio 9,23. pH žumanjka kretao se od 6,28 do 6,63, a u prosjeku je iznosio 6,40.



Grafikon 4. Udjeli osnovnih dijelova u prepeličjim jajima

Na tablici 4 prikazani su rezultati analize kvalitete purjih jaja kojima se masa kretala od 68,30 g do 81,00 g. Prosječna masa jaja iznosila je 75,87 g. Dužina jaja od pura prosječno je iznosila 63,81 mm, dok se prosječna širina iznosila 46,58 mm. Na temelju dužine i širine jaja od pura izračunat je indeks oblika koji je iznosio u prosjeku 73,14%. Masa bjelanjka purjih jaja kretala se od 38,07 g do 49,54 g, a u prosjeku je iznosila 44,89 g odnosno 59,13% od ukupne prosječne mase jaja. Masa žumanjka je prosječno iznosila 22,69 g, a masa ljuske 8,29 g, što je u prosjeku iznosilo 29,93% odnosno 10,94%.

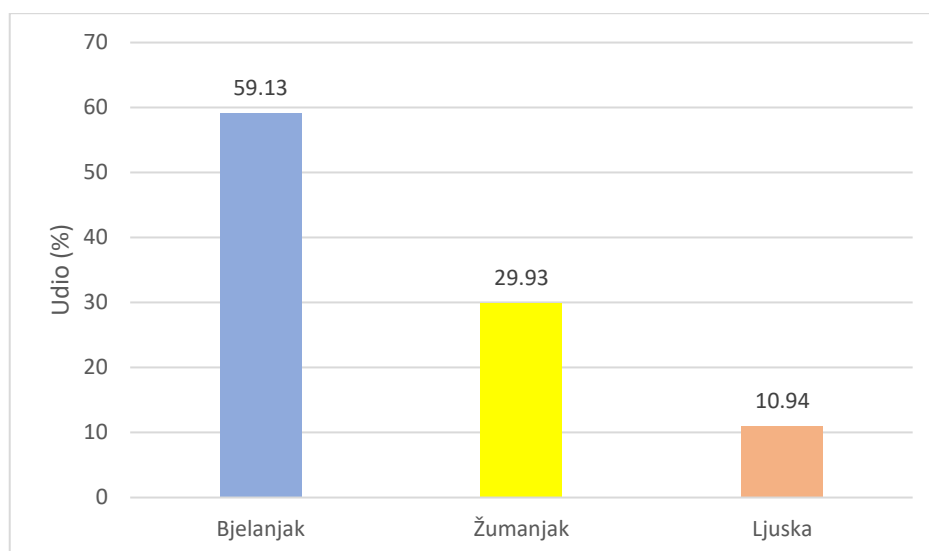
Tablica 4. Pokazatelji kvalitete purjih jaja (n=20)

Pokazatelji	$\bar{x}$	sd	Minimum	Maksimum
Dužina jaja, mm	63,81	2,54	60,00	69,50
Širina jaja, mm	46,58	1,21	45,00	48,20
Indeks oblika, %	73,14	4,02	67,63	80,00
Masa jaja, g	75,87	3,44	68,30	81,00
Masa bjelanjka, g	44,89	2,86	38,07	49,54
Masa žumanjka, g	22,69	1,47	20,37	25,18
Masa ljuske, g	8,29	0,55	6,93	9,16
Čvrstoća ljuske, N	57,81	10,68	40,60	76,40
Debljina ljuske, mm	0,48	0,06	0,40	0,56
Visina bjelanjka, mm	5,23	0,85	3,80	6,80
HU	65,56	6,87	51,70	77,40
Boja žumanjka	9,95	1,09	7,00	12,00
Visina žumanjka, mm	18,81	1,35	15,80	21,30
Promjer žumanjka, mm	44,97	6,88	17,30	50,00
Indeks žumanjka	0,406	0,406	0,334	0,476
pH bjelanjka	9,10	0,21	8,59	9,33
pH žumanjka	6,31	0,14	6,11	6,84

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija



Čvrstoća ljuske purjih jaja bila je dosta jaka, a ona se kretala od 40,60 do 76,40 N, kod ispitivanih jaja u prosjeku ona je bila 57,81 N. Debljina ljuske purjih jaja kretala se od 0,40 mm do 0,56 mm, a prosječno ona je iznosila 0,48 mm. Od pokazatelja unutarnje kvalitete jaja izmjerena je visina bjelanjka koja je prosječno iznosila 5,23 mm. Na osnovu visine bjelanjka, mase jaja i ostalih konstanti izračunate su i HU koje su u prosjeku za purja jaja iznosile 65,56. Boja žumanjaka purjih jaja iznosila je 9,95. Izračunate su i visina i promjer žumanjka koji su u prosjeku iznosili 18,81 mm, odnosno 44,97 mm. Na osnovu visine i promjera žumanjka izračunat je i indeks žumanjka koji je prosječno iznosio 0,406. pH bjelanjka kretao se od 8,59 do 9,33, a prosječno je iznosio 9,10, dok su se vrijednosti pH žumanjka kretale od 6,11 do 6,84, a u prosjeku to je iznosilo 6,31.



Grafikon 5. Udjeli osnovnih dijelova u purjem jajetu

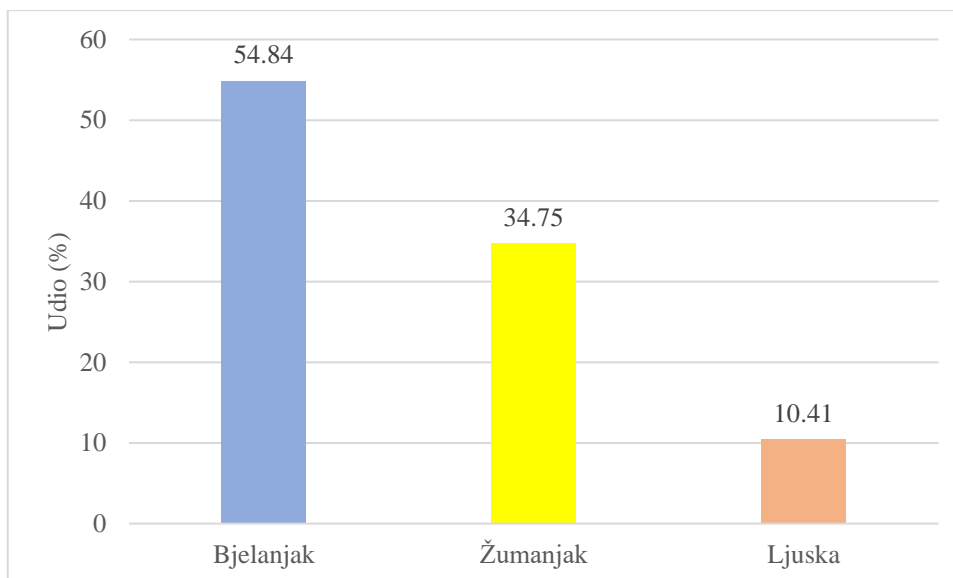
Na tablici 5 prikazani su rezultati kvalitete pačjih jaja koja su imala prosječnu masu od 75,69 g. Prosječna dužina jaja iznosila je 61,55 mm, dok je prosječna širina jaja iznosila 46,50 mm. Indeks oblika pačjih jaja u prosjeku je iznosio 75,50%. Masa bjelanjka fazanskih jaja kretala se od 36,97 g do 44,92 g, a u prosjeku je iznosila 41,48 g, što je 54,84%. Masa žumanjka kretala se od 24,06 g do 39,32 g, a u prosjeku je iznosila 26,28 g (34,75%). Masa ljuske pačjih jaja iznosila je prosječno 7,91 g, što je u prosjeku iznosilo 10,41%.

Tablica 5. Pokazatelji kvalitete pačjih jaja (n=20)

Pokazatelji	$\bar{x}$	sd	Minimum	Maksimum
Dužina jaja, mm	61,55	1,91	59,00	64,50
Širina jaja, mm	46,50	1,74	43,50	48,50
Indeks oblika, %	75,50	2,13	71,31	78,68
Masa jaja, g	75,69	2,04	68,70	83,00
Masa bjelanjka, g	41,48	2,99	36,97	44,92
Masa žumanjka, g	26,28	2,04	24,06	39,32
Masa ljuske, g	7,91	1,14	6,43	9,08
Čvrstoća ljuske, N	54,98	10,24	43,00	73,10
Debljina ljuske, mm	0,50	0,06	0,39	0,59
Visina bjelanjka, mm	6,98	1,17	5,60	9,60
HU	74,66	8,33	66,60	93,80
Boja žumanjka	10,90	1,19	9,00	13,00
Visina žumanjka, mm	20,21	1,23	18,40	21,90
Promjer žumanjka, mm	50,33	1,80	47,50	53,30
Indeks žumanjka	0,401	0,01	0,369	0,426
pH bjelanjka	8,94	0,19	8,48	9,14
pH žumanjka	6,34	0,13	6,13	6,58

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija

U tablici 5 prikazana je i čvrstoća ljuske pačjih jaja koja se kretala od 43,00 N do 73,10 N, a u prosjeku čvrstoća ljuske iznosila je 54,98 N. Debljina ljuske u prosjeku je bila oko 0,50 mm, a raspon vrijednosti za ovaj pokazatelj kvalitete jaja u istraživanju iznosio je od 0,39 mm do 0,59 mm. Od pokazatelja unutarnje kvalitete ispitivana je visina bjelanjka koja je u prosjeku iznosila 6,98 mm, dok su se vrijednosti zabilježene u istraživanju za visinu bjelanjka kretale od 5,60 do 9,60 mm. HU su izračunate na osnovu visine bjelanjka, mase jaja i određenih konstanti te su one iznosile u prosjeku 74,66. Boja žumanjka kod pačjih jaja kretala se od 9,00 do 13,00, a u prosjeku je bila 10,90. Indeks žumanjka iznosio je 0,401, a on je izračunat uz pomoć visine žumanjka koji je prosječno iznosio 20,21 mm i na osnovu promjera žumanjka koji je prosječno iznosio 50,33 mm. pH bjelanjka kretao se od 8,48 do 9,14, a prosječno je iznosio 8,94, dok se pH žumanjka kretao od 6,13 do 6,58 i u prosjeku on je iznosio 6,34.



Grafikon 6. Udjeli osnovnih dijelova u pačjem jajetu

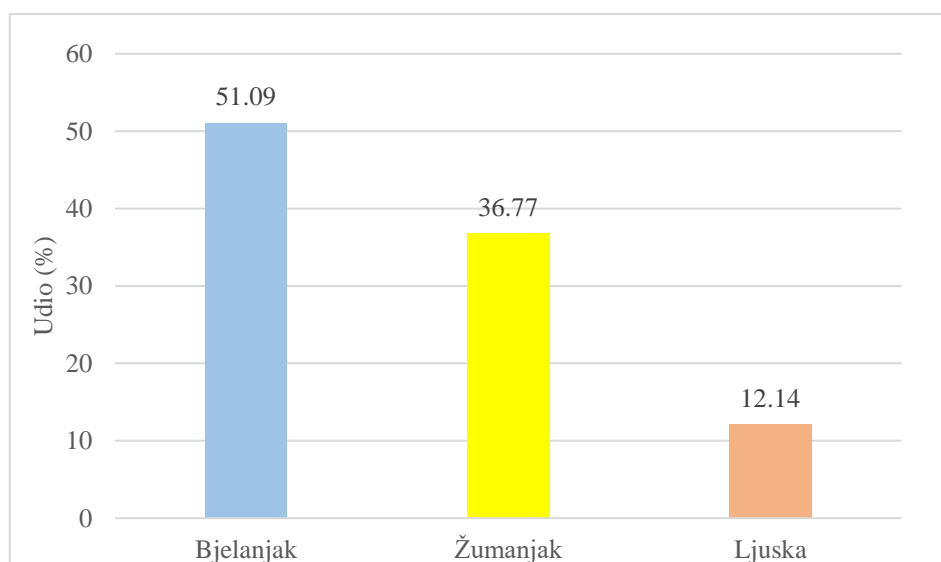
Na tablici 6 prikazani su rezultati kvalitete guščjih jaja iz koji je vidljivo kako su se mase jaja kretale od 138,90 g do 162,60 g, a prosječna masa iznosila je 152,33 g. Prosječna dužina jaja iznosila je 82,33 mm, a širina 57,38 mm. Iz mjera dužine i širine guščjih jaja izračunat je indeks oblika, koji je u prosjeku iznosio 69,75%. Masa bjelanjka kretala se od 79,19 g do 83,58 g, a u prosjeku je iznosila 77,84 g, što je 51,09% u odnosu na masu jaja. Masa žumanjka u prosjeku je bila 56,01 g, a masa ljuske 18,48 g, što je u prosjeku iznosilo 36,77 % odnosno 12,14%.

Tablica 6. Pokazatelji kvalitete guščjih jaja (n=6)

Pokazatelji	$\bar{x}$	sd	Minimum	Maksimum
Dužina jaja, mm	82,33	2,89	78	85
Širina jaja, mm	57,38	0,80	56	58,5
Indeks oblika, %	69,75	1,74	68,01	72,07
Masa jaja, g	152,33	7,88	138,9	162,6
Masa bjelanjka, g	77,84	4,72	71,19	83,58
Masa žumanjka, g	56,01	3,06	50,45	58,87
Masa ljuske, g	18,48	1,23	16,86	20,15
Čvrstoća ljuske, N	55,20	1,40	53,21	56,82
Debljina ljuske, mm	0,667	0,04	0,58	0,71
Visina bjelanjka, mm	6,02	0,61	5,50	7,10
HU	52,02	8,31	40,2	61,8
pH bjelanjka	8,88	0,21	8,63	9,15
pH žumanjka	6,49	0,06	6,40	6,60

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija

Čvrstoća ljuske kod ispitivanih guščjih jaja u istraživanju kretala se od 53,21 N do 56,82 N, a u prosjeku ona je iznosila 55,20 N. Debljina ljuske je također vrlo važan pokazatelj vanjske kvalitete jaja, a ona se kretala od 0,58 mm do 0,71 mm te je prosječno iznosila 0,667 mm. Zabilježeni rezultati za visinu bjelanjka guščjih jaja kretali su se od 5,50 mm do 7,10 mm, a prosječno visina bjelanjka ispitivanih jaja iznosila je 6,02 mm. Na osnovu visine bjelanjka, mase jaja i ostalih konstanti izračunate su i Haughove jedinice koje su prosječno iznosile 52,02. Zabilježene vrijednosti pH bjelanjka guščjih jaja kretale su se od 8,63 do 9,15, a u prosjeku one su iznosile 8,88. pH vrijednosti žumanjka kretale su se od 6,40 do 6,60, a prosječno su iznosile 6,49.



Grafikon 7. Udjeli osnovnih dijelova u guščjem jajetu

Na Tablici 7 prikazan je profil masnih kiselina u žumanjcima kokošnjih jaja. Iz podataka se vidljivo da jaje sadrži visok udio ukupnih mononezasićenih i zasićenih masnih kiselina (44,16 % i 37,50%). Najzastupljenija MUFA je oleinska masna kiselina (40,75%) a od SFA najzastupljenija je bila palmitinska s udjelom od 26,67%. Sadržaj n-6 PUFA iznosio je 16,98%, a od masnih kiselina u ovoj skupini najzastupljenija je bila linolna masna kiselina s 14,40%. Vrlo mali postotak u žumanjcima jaja odnosio se na poželjne omega-3 masne kiseline (1,35%). Omjer n-6 PUFA/n-3 PUFA bio je prilično nepovoljan i iznosio je 12,57. Preporuka proizvođaču ovih jaja je korekcija sastava smjese koju koristi u hranidbi kokoši, kako bi se popravio profil masnih kiselina u jajima, jer nepovoljan profil masnih kiselina u hrani može utjecati na zdravlje konzumenta.

Tablica 7. Profil masnih kiselina u žumanjcima kokošnjih jaja (% od ukupnih masnih kiselina; n=10)

<b>Masna kiselina</b>	$\bar{x} \pm sd$
Miristinska (C14:0)	0,34±0,05
Pentadekanska (C15:0)	0,04±0,01
Palmitinska (C16:0)	26,67±0,84
Heptadekanska (C17:0)	0,16±0,02
Stearinska (C18:0)	10,26±0,50
Arahinska (C20:0)	0,03±0,00
<b>∑SFA</b>	<b>37,50±0,86</b>
Miristoleinska (C14:1)	0,07±0,01
Palmitoleinska (C16:1)	2,88±0,47
Heptadekanska (C17:1)	0,18±0,02
Oleinska (C18:1)	40,75±2,08
Eikozaenska (C20:1)	0,28±0,03
<b>∑MUFA</b>	<b>44,16±2,17</b>
Linolna (C18:2 n-6)	14,40±2,41
γ-linolenska (C18:3 n-6)	0,09±0,01
Eikozadienska (C20:2 n-6)	0,26±0,03
Eikozatrienska (C20:3 n-6)	0,19±0,02
Arahidonska (C20:4 n-6)	2,04±0,22
<b>∑n-6 PUFA</b>	<b>16,98±2,37</b>
α-linolenska (C18:3 n-3)	0,45±0,13
Eikozatrienska (C20:3 n-3)	0,02±0,00
EPA (C20:5 n-3)	0,03±0,02
DHA (C22:6 n-3)	0,85±0,09
<b>∑n-3 PUFA</b>	<b>1,35±0,22</b>
<b>∑n-6 PUFA/∑n-3 PUFA</b>	<b>12,57±1,64</b>
<b>∑PUFA/∑SFA</b>	<b>0,489±0,07</b>

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija

Na tablici 8 prikazan je profil masnih kiselina u žumanjcima fazanskih jaja. I kod ovih jaja kao i kod kokošnjih najveći je bio sadržaj ukupnih MUFA (37,75%) a zatim sadržaj SFA (35,18%).

Tablica 8. Profil masnih kiselina u žumanjcima fazanskih jaja (% od ukupnih masnih kiselina; n=10)

<b>Masna kiselina</b>	$\bar{x} \pm sd$
Miristinska (C14:0)	0,31±0,03
Pentadekanska (C15:0)	0,05±0,00
Palmitinska (C16:0)	24,27±1,02
Heptadekanska (C17:0)	0,22±0,04
Stearinska (C18:0)	10,28±1,11
Arahinska (C20:0)	0,05±0,01
<b>∑SFA</b>	<b>35,18±1,81</b>
Miristoleinska (C14:1)	0,03±0,01
Palmitoleinska (C16:1)	2,21±0,72
Heptadekanska (C17:1)	0,17±0,01
Oleinska (C18:1)	35,16±2,97
Eikozaenska (C20:1)	0,18±0,02
<b>∑MUFA</b>	<b>37,75±3,62</b>
Linolna (C18:2 n-6)	23,49±2,91
γ-linolenska (C18:3 n-6)	0,19±0,04
Eikozadienska (C20:2 n-6)	0,17±0,02
Eikozatrienska (C20:3 n-6)	0,11±0,01
Arahidonska (C20:4 n-6)	2,08±0,25
<b>∑n-6 PUFA</b>	<b>26,04±3,07</b>
α-linolenska (C18:3 n-3)	0,45±0,07
DHA (C22:6 n-3)	0,53±0,08
<b>∑n-3 PUFA</b>	<b>0,98±0,13</b>
<b>∑n-6 PUFA/∑n-3 PUFA</b>	<b>26,57±3,59</b>
<b>∑PUFA/∑SFA</b>	<b>0,770±0,09</b>

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija

U fazanskim jajima utvrđen je i viski sadržaj ukupnih n-6 PUFA (26,04%), od čega je samo linolna kiselina sudjelovala s 23,49%. Sadržaj omega-3 PUFA bio je vrlo nizak (0,98%), što je utjecalo i na izuzetno nepovoljan omjer n-6 PUFA/n-3 PUFA koji je iznosio 26,57. Rezultati ovih analiza ukazuju da fazanke, iako dosta vremena provode na ispustu, ipak ne konzumiraju krmnu smjesu povoljnog sastava. Uzgajivači fazanske divljači većinom za hranidbu životinja koriste krmne smjese za kokoši nesilice, međutim iz ovih rezultata primjećujemo da ta smjesa nije najbolji izbor za ovu vrstu peradi.

Na Tablici 9 prikazan je profil masnih kiselina u prepeličjih jaja. Iz podataka se vidljivo da jaje sadrži dosta visok udio ukupnih mononezasićenih masnih kiselina odnosno 51,83%, te sadrži i visok sadržaj zasićenih masnih kiselina čiji je udio u žumanjcima prepeličjih jaja iznosio 35,73%. Najzastupljenija mononezasićena masna kiselina bila je oleinska masna kiselina (46,32%) a od zasićenih masnih kiselina najzastupljenija je bila palmitinska s udjelom od 25,10%. Sadržaj n-6 PUFA iznosio je 11,83%, a od masnih kiselina u ovoj skupini najzastupljenija je bila linolna masna kiselina s 9,17%. U žumanjcima prepeličjih jaja bilo je vrlo malo poželjnih omega-3 masne kiseline (0,58%). Omjer n-6 PUFA/n-3 PUFA iznosio je 20,39.

Na Tablici 10 prikazan je profil masnih kiselina u purjih jaja. Iz podataka se vidljivo da purja jaja imaju visok udio ukupnih mononezasićenih masnih kiselina koji iznosi 42,14%, te sadrži i visok sadržaj zasićenih masnih kiselina čiji je udio u žumanjcima iznosio 36,73%. Od mononezasićenih masnih kiselina najzastupljenija je bila oleinska masna kiselina s udjelom od 38,78%, a od zasićenih masnih kiselina najzastupljenija je bila palmitinska s udjelom od 26,43%. Sadržaj n-6 PUFA iznosio je 18,98%, a od masnih kiselina u ovoj skupini najzastupljenija je bila linolna masna kiselina s jako velikim udjelom od čak 17,22%. U žumanjcima purjih jaja bio je mali udio poželjnih omega-3 masne kiseline (2,11%). Omjer n-6 PUFA/n-3 PUFA iznosio je 8,99.

Na Tablici 11 prikazan je profil masnih kiselina u pačjih jaja. Iz podataka se vidljivo da ova jaja imaju vrlo visok udio ukupnih mononezasićenih masnih kiselina koji iznosi 51,49%, te sadrži i visok sadržaj zasićenih masnih kiselina čiji je udio u žumanjcima iznosio 35,54%. Od mononezasićenih masnih kiselina najzastupljenija je bila oleinska masna kiselina koja je sudjelovala s udjelom od čak 48,41%, a od zasićenih masnih kiselina najzastupljenija je bila palmitinska s udjelom od 27,84%. Sadržaj n-6 PUFA iznosio je 11,17%, a od masnih kiselina u ovoj skupini najzastupljenija je bila linolna masna kiselina 8,08%. U žumanjcima pačjih

jaja bio je dosta nizak udio poželjnih omega-3 masnih kiselina koji je iznosio 1,79%. Omjer n-6 PUFA/n-3 PUFA iznosio je 6,24.

Tablica 9. Profil masnih kiselina u žumanjcima prepeličjih jaja (% od ukupnih masnih kiselina; n=10)

<b>Masna kiselina</b>	$\bar{x} \pm sd$
Miristinska (C14:0)	0,42±0,09
Pentadekanska (C15:0)	0,04±0,01
Palmitinska (C16:0)	25,10±1,87
Heptadekanska (C17:0)	0,16±0,05
Stearinska (C18:0)	9,98±1,00
Arahinska (C20:0)	0,03±0,00
<b>∑SFA</b>	<b>35,73±1,79</b>
Miristoleinska (C14:1)	0,09±0,04
Palmitoleinska (C16:1)	4,99±1,39
Heptadekanska (C17:1)	0,26±0,05
Oleinska (C18:1)	46,32±1,91
Eikozaenska (C20:1)	0,17±0,03
<b>∑MUFA</b>	<b>51,83±2,51</b>
Linolna (C18:2 n-6)	9,17±2,49
γ-linolenska (C18:3 n-6)	0,16±0,03
Eikozadienska (C20:2 n-6)	0,19±0,06
Eikozatrienska (C20:3 n-6)	0,17±0,04
Arahidonska (C20:4 n-6)	2,14±0,39
<b>∑n-6 PUFA</b>	<b>11,83±2,69</b>
α-linolenska (C18:3 n-3)	0,16±0,05
DHA (C22:6 n-3)	0,41±0,06
<b>∑n-3 PUFA</b>	<b>0,58±0,09</b>
<b>∑n-6 PUFA/∑n-3 PUFA</b>	<b>20,39±2,21</b>
<b>∑PUFA/∑SFA</b>	<b>0,350±0,09</b>

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija



Tablica 10. Profil masnih kiselina u žumanjcima purjih jaja (% od ukupnih masnih kiselina; n=10)

<b>Masna kiselina</b>	$\bar{x}\pm sd$
Miristinska (C14:0)	0,38±0,09
Pentadekanska (C15:0)	0,11±0,02
Palmitinska (C16:0)	26,43±0,88
Heptadekanska (C17:0)	0,28±0,08
Stearinska (C18:0)	9,49±1,18
Arahinska (C20:0)	0,04±0,00
<b>∑SFA</b>	<b>36,73±0,84</b>
Miristoleinska (C14:1)	0,06±0,01
Palmitoleinska (C16:1)	2,85±1,36
Heptadekanska (C17:1)	0,23±0,01
Oleinska (C18:1)	38,78±4,22
Eikozanska (C20:1)	0,22±0,02
<b>∑MUFA</b>	<b>42,14±5,04</b>
Linolna (C18:2 n-6)	17,22±4,15
γ-linolenska (C18:3 n-6)	0,11±0,02
Eikozadienska (C20:2 n-6)	0,15±0,02
Eikozatrienska (C20:3 n-6)	0,06±0,00
Arahidonska (C20:4 n-6)	1,44±0,25
<b>∑n-6 PUFA</b>	<b>18,98±4,38</b>
α-linolenska (C18:3 n-3)	1,14±0,33
EPA (C20:5 n-3)	0,04±0,01
DHA (C22:6 n-3)	0,93±0,23
<b>∑n-3 PUFA</b>	<b>2,11±0,55</b>
<b>∑n-6 PUFA/∑n-3 PUFA</b>	<b>8,99±2,87</b>
<b>∑PUFA/∑SFA</b>	<b>0,572±0,11</b>

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija

Tablica 11. Profil masnih kiselina u žumanjcima pačjih jaja (% od ukupnih masnih kiselina; n=10)

<b>Masna kiselina</b>	$\bar{x} \pm sd$
Miristinska (C14:0)	0,53±0,04
Pentadekanska (C15:0)	0,04±0,00
Palmitinska (C16:0)	27,84±0,67
Heptadekanska (C17:0)	0,13±0,01
Stearinska (C18:0)	6,98±0,52
Arahinska (C20:0)	0,02±0,00
<b>∑SFA</b>	<b>35,54±1,03</b>
Miristoleinska (C14:1)	0,04±0,00
Palmitoleinska (C16:1)	2,64±0,18
Heptadekanska (C17:1)	0,17±0,03
Oleinska (C18:1)	48,41±1,28
Eikozaenska (C20:1)	0,23±0,02
<b>∑MUFA</b>	<b>51,49±1,38</b>
Linolna (C18:2 n-6)	8,08±0,91
γ-linolenska (C18:3 n-6)	0,08±0,01
Eikozadienska (C20:2 n-6)	0,22±0,03
Eikozatrienska (C20:3 n-6)	0,23±0,03
Arahidonska (C20:4 n-6)	2,56±0,22
<b>∑n-6 PUFA</b>	<b>11,17±1,00</b>
α-linolenska (C18:3 n-3)	0,86±0,32
EPA (C20:5 n-3)	0,07±0,03
DHA (C22:6 n-3)	0,86±0,21
<b>∑n-3 PUFA</b>	<b>1,79±0,53</b>
<b>∑n-6 PUFA/∑n-3 PUFA</b>	<b>6,24±1,31</b>
<b>∑PUFA/∑SFA</b>	<b>0,365±0,04</b>

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija

Na Tablici 12 prikazan je profil masnih kiselina kod guščjih jaja. Iz podataka se vidljivo da jaje sadrži dosta visok udio ukupnih mononezasićenih masnih kiselina odnosno 53,82%, te sadrži i visok sadržaj zasićenih masnih kiselina čiji je udio u žumanjcima guščjih jaja iznosio 35,09%.

Tablica 12. Profil masnih kiselina u žumanjcima guščjih jaja (% od ukupnih masnih kiselina; n=12)

Masna kiselina	$\bar{x}\pm sd$
Miristinska (C14:0)	0,32±0,04
Pentadekanska (C15:0)	0,03±0,00
Palmitinska (C16:0)	28,70±1,18
Heptadekanska (C17:0)	0,08±0,02
Stearinska (C18:0)	5,93±0,87
Arahinska (C20:0)	0,03±0,00
<b>∑SFA</b>	<b>35,09±1,97</b>
Palmitoleinska (C16:1)	3,74±0,59
Heptadekanska (C17:1)	0,18±0,05
Oleinska (C18:1)	49,59±3,37
Eikozaenska (C20:1)	0,31±0,04
<b>∑MUFA</b>	<b>53,82±2,85</b>
Linolna (C18:2 n-6)	5,35±0,22
γ-linolenska (C18:3 n-6)	0,04±0,00
Eikozadienska (C20:2 n-6)	0,21±0,01
Eikozatrienska (C20:3 n-6)	0,11±0,01
Arahidonska (C20:4 n-6)	2,07±0,35
<b>∑n-6 PUFA</b>	<b>7,78±0,47</b>
α-linolenska (C18:3 n-3)	2,25±0,95
Eikozatrienska (C20:3 n-3)	0,09±0,02
EPA (C20:5 n-3)	0,27±0,15
DHA (C22:6 n-3)	0,71±0,15
<b>∑n-3 PUFA</b>	<b>3,32±1,26</b>
<b>∑n-6 PUFA/∑n-3 PUFA</b>	<b>2,34±1,42</b>
<b>∑PUFA/∑SFA</b>	<b>0,315±0,01</b>

$\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija

Najzastupljenija mononezasićena masna kiselina bila je oleinska masna kiselina s vrlo visokim udjelom od čak 49,59%, a od zasićenih masnih kiselina najzastupljenija je bila palmitinska s udjelom od 28,70%. Sadržaj n-6 PUFA iznosio je 7,78%, a od masnih kiselina

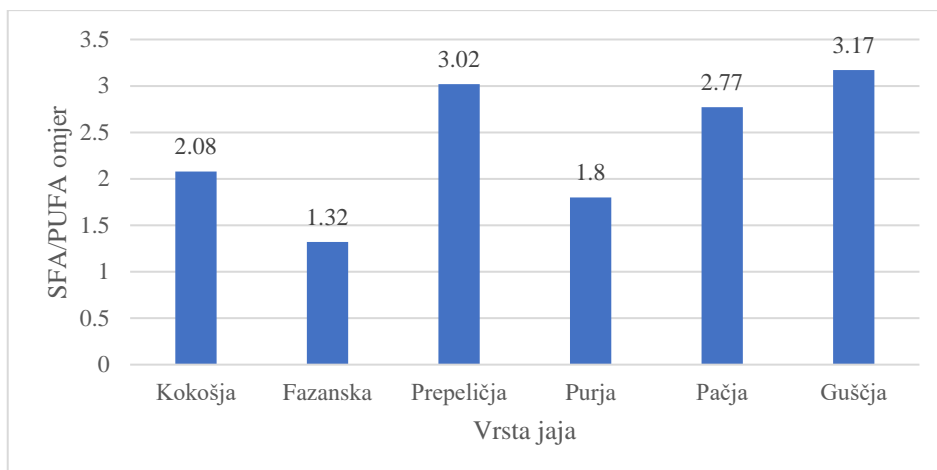
u ovoj skupini najzastupljenija je bila linolna masna kiselina s 5,35%. U žumanjcima gušćijih jaja bilo je 3,32% poželjnih omega-3 masne kiseline. Omjer n-6 PUFA/n-3 PUFA iznosio je 2,34.

Na tablici 13 prikazani su nutritivni indeksi u različitim vrstama jaja. Indeks nutritivne vrijednosti značajno se razlikovao između analiziranih jaja ( $P < 0,001$ ). Značajno najveću vrijednost nutritivnog indeksa imala su prepeličja jaja (2,25), dok je najmanji nutritivni indeks zabilježen kod purjih jaja (1,82). Aterogeni indeks značajno se razlikovao između ispitivanih vrsta jaja. Značajno veće ( $P < 0,05$ ) vrijednosti AI utvrđene su kod kokošnjih (0,596) i purjih jaja (0,593) u odnosu na jaja fazanki (0,553) i gusaka (0,555). Najveću vrijednost trombogenog indeksa imala su prepeličja jaja (2,66), dok je najmanja vrijednost TI zabilježena kod jaja fazanki (1,19) i pura (1,41). Statistički značajno veći ( $P < 0,001$ ) hipo/hiper kolesterolni omjer utvrđen je kod fazanskih jaja (2,53) u odnosu na ostale vrste jaja.

Tablica 13. Nutritivni indeksi kod analiziranih jaja ( $\bar{x} \pm sd$ )

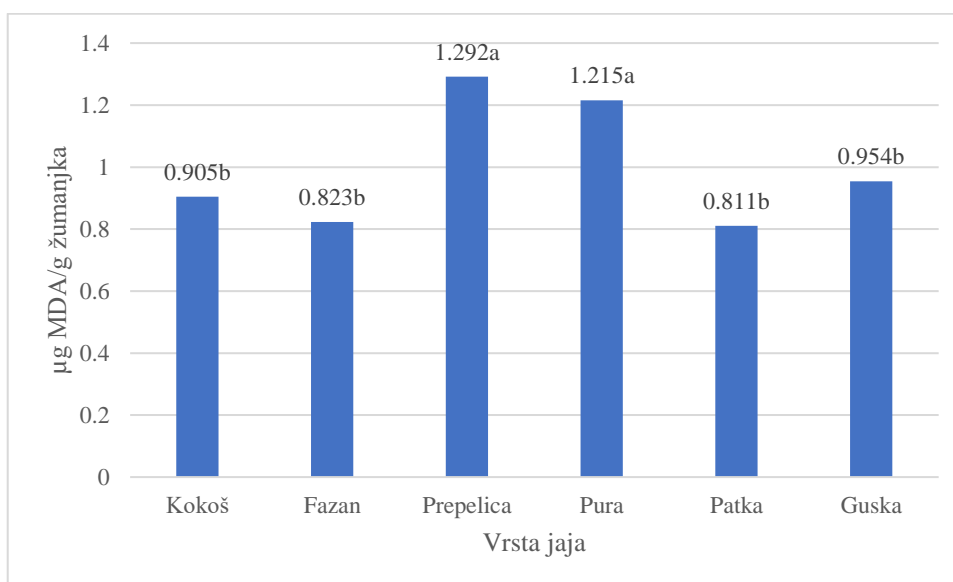
Vrsta jaja	Indeks nutritivne vrijednosti	AI	TI	HH omjer
Kokošja	1,91±0,12 <sup>bc</sup>	0,596±0,02 <sup>a</sup>	1,75±0,28 <sup>b</sup>	2,18±0,11 <sup>bc</sup>
Fazanska	1,87±0,11 <sup>bc</sup>	0,553±0,04 <sup>b</sup>	1,19±0,15 <sup>c</sup>	2,53±0,17 <sup>a</sup>
Prepeličja	2,25±0,21 <sup>a</sup>	0,573±0,04 <sup>ab</sup>	2,66±0,61 <sup>a</sup>	2,32±0,27 <sup>b</sup>
Purja	1,82±0,12 <sup>c</sup>	0,593±0,02 <sup>a</sup>	1,41±0,24 <sup>c</sup>	2,23±0,10 <sup>bc</sup>
Pačja	1,99±0,08 <sup>b</sup>	0,573±0,02 <sup>ab</sup>	2,05±0,32 <sup>b</sup>	2,16±0,09 <sup>c</sup>
Guščja	1,94±0,17 <sup>bc</sup>	0,555±0,04 <sup>b</sup>	1,83±0,33 <sup>b</sup>	2,09±0,17 <sup>c</sup>
P-vrijednosti	<0,001	0,037	<0,001	<0,001

Aterogeni indeksi=AI; Trombogeni indeks=TI, Hipo/hiper kolesterolni omjer=HH;  
 $\bar{x}$ =srednja vrijednost; sd=standardna devijacija; eksponenti <sup>a,b,c</sup> iznad vrijednosti u stupcima pokazuju značajnost na razini  $P < 0,05$  i  $P < 0,001$ .



Grafikon 8. Omjer ukupnih SFA/PUFA u žumanjcima

Na grafikonu 8 prikazan je omjer ukupnih zasićenih i višestruko nezasićenih masnih kiselina. Vrijednosti omjera kretale su se u rasponu od 1,32 do 3,17. Najveći omjer  $\sum$ SFA/ $\sum$ PUFA zabilježen je kod guščjih jaja (3,17), a najmanji kod jaja fazana (1,32). Razlog tome je vrlo mali udio ukupnih PUFA u guščjim jajima svega 11,10 %, dok je u jajima fazana zabilježeno čak 27,02% ukupnih PUFA. Udio zasićenih masnih kiselina u ovim jajima bio je ujednačen, guske 35,09% a fazani 35,18%. Razlike u omjeru SFA/PUFA nisu bile statistički značajne ( $P > 0,05$ )



Grafikon 9. Oksidacija lipida u žumanjcima jaja  $\mu$ g MDA/g žumanjka (n=10 po skupini)

Na grafikonu 9 prikazana je oksidacija lipida u žumanjcima jaja. Za analizu je uzeto 10 jaja od svake vrste peradi. Iz grafikona je uočljivo da najveću oksidaciju masti u žumanjcima imaju jaja prepelice, dok je najmanja oksidacija masti zabilježena kod jaja fazanki. Promatrajući vrijednosti oksidacije masti u žumanjcima uočena je značajno veća ( $P < 0,05$ ) oksidacija masti u žumanjcima prepelica i pura u odnosu na žumanjke ostalih vrsta peradi (kokoš, fazan, patka i guska).

## 5. RASPRAVA

Istraživanje koje su proveli Wijedasa i sur. (2020.) vezano za analizu kvalitete jaja različitih vrsta peradi navodi da nesilice hibrida Shaver brown imaju prosječnu masu jaja 57,83 g u odnosu na jaja domaćih kokoši čija je masa jaja u prosjeku iznosila 54,44 g ( $P > 0,05$ ). Rezultati našeg istraživanja sukladni su vrijednostima prosječne mase jaja hibridnih nesilica. Pretpostavljamo da je razlog tome dob nesilica, hranidba i genetika kokoši. Indeks oblika jaja važno je svojstvo jer jaja koja nemaju pravilan oblik lakše se oštete tijekom transporta. Kada dođe do pucanja ljuske jaja koje nije optimalnog oblika tada se zaprljaju i ostala jaja u ambalaži. Duman i sur. (2016.) navode da je optimalni indeks oblika za kokošja jaja od 72-74%, jaja s indeksom manjim od 72% imaju duguljast oblik, a s indeksom oblika većim od 76 % više su okrugla. Wijedasa i sur. (2020.) navode da je indeks oblika jaja obije genetike kokoši (hibridna kokoš i domaća kokoš) bio isti i iznosio je 74,50%. Ljuvoja (2016.) navodi da je kod svježih kokošnjih jaja indeks oblika bio 73,91% a Barik i Nayak (2020.) navode za kokošja jaja indeks oblika 72,06 %. Rezultati indeksa oblika svih navedenih autora nisu sukladni našim rezultatima. Kralik i sur (2013.) navode da se optimalna vrijednost debljina ljuske kokošnjeg jajeta kreće od 0,330 do 0,340 mm. Wijedasa i sur. (2020.) u svom istraživanju navode da je debljina ljuske jaja hibridne kokoši iznosila je 0,09 mm, a domaće kokoši 0,10 mm. Ove vrijednosti nisu sukladne našim vrijednostima, zapravo su puno niže. Pretpostavljamo da je razlog tim razlikama sama metodologija mjerenja debljine ljuske. Naime navedeni autori su mjerili debljinu ljuske nakon što su ljusku ostavili da se osuši, a mjere su uzimali na tri mjesta (sredina, tupi dio i vrh jaja) te su u rezultatima prikazali srednju vrijednost tih izmjera. Mi smo u svom istraživanju debljinu ljuske mjerili na središnjem dijelu jajeta na svježe razbijenoj ljusci, obrisanoj s unutarnje strane. Ljuvoja (2016.) navodi da je debljina ljuske kokošnjih jaja u prosjeku 0,401 mm, a čvrstoća ljuske 3,02 kg/cm<sup>2</sup> (što je 29,62 N). Njeni rezultati za debljinu ljuske kokošnjeg jaja nešto su veći od onih koje smo mi dobili, dok je čvrstoća ljuske jaja veća u našem istraživanju o odnosu na njene rezultate. Barik i Nayak (2020.) navode da kokošje jaja u prosjeku ima debljinu ljuske 0,360 mm, što je vrlo slično našim rezultatima. U različitim istraživanjima vezanim za kvalitetu kokošnjih jaja navode se i vrijednosti HU, koje nam ukazuju kakva je svježina analiziranog jajeta. Svježa kokošja jaja imaju HU veće od 72. Barik i Nayak (2020.) navode da su njihova ispitivana kokošja jaja imala 84,13 HU. Eke i sur. (2013.) su u svom istraživanju pratili HU vrijednosti tokom skladištenja, a početna vrijednost svježih jaja u njihovom istraživanju bila je 79. Tadesse i sur. (2015.) u svom istraživanju navode vrlo sličnu HU vrijednost za jaja

seoskih kokoši (79,26). Ljuboja (2016.) u svom istraživanju navodi da svježa kokošja jaja imaju 74,16 vrijednost HU. Prema Tulinu i Ahmetu (2009.) vrijednosti HU za domaća kokošja jaja bila su 85,82 a za kokošja jaja proizvedena na farmi 82,64. Vrijednosti HU u našem istraživanju bile su prilično varijabilne i kretale su se od 47,00 do 76,60 što je u prosjeku iznosilo 65,18. Upravo visoka varijabilnost utjecala je na to da su rezultati HU svih gore navedenih autora značajno viši od naših rezultata. Velike varijacije HU kod ispitivanih jaja u našem istraživanju rezultat su različite svježine ispitivanih jaja. Boja žumanjak kod ispitivanih kokošnjih jaja u ovom istraživanju iznosila je 10,73 što je sukladno navodima Kralik i sur. (2013.) i Dedousi i sur. (2022.). Ljuboja (2016.) navodi nešto više vrijednosti boje za žumanjke kokošnjih jaja (11,95). Poznato je da na boju žumanjka utjecaj ima hranidba nesilica. Ukoliko se u krmnoj smjesi koju koristimo za hranidbu nesilica koristi npr. kukuruz s visokim sadržajem karotenoida ili kokoši borave na travnatoj površini proizvedena jaja imat će intenzivniju boju žumanjka. Boja žumanjka je važan pokazatelj kvalitete jaja s gledišta samog konzumenta. Tako na primjer konzumenti na području Republike Hrvatske mogu kupiti jaja čija je boja žumanjka u rasponu od 12,76 do 13,08 (Kralik i sur., 2006.). Na području Njemačke konzumenti smatraju da je jaje kvalitetno ukoliko je boja žumanjka između 12 i 14 (Hernandez, 2005.). Vrijednosti koje navode spomenuti autori odnose se na jaja kupljena u supermarketima, a podrijetlom su iz kaveznog sustava držanja. Promjena pH vrijednosti jestivog dijela jaja dolazi iz razloga što nakon nesenja jaja voda iz bjelanjka prelazi u žumanjak i obrnuto, različite tvari iz žumanjka prelaze u bjelanjak. S gubitkom CO<sub>2</sub> iz jaja povećava se pH bjelanjka, a smanjuje viskozitet (Silversides i Scott, 2001.). U rezultatima koje navode Samli i sur. (2005) pH vrijednosti svježeg kokošnjeg bjelanjka iznosi 7,47 a žumanjka 5,75 dok je kod jaja čuvanih 2 dana na temperaturi od 5°C izmjerena vrijednost pH bjelanjka bila 7,99 a pH žumanjka 5,9. Promatrajući naše rezultate moguće je primijetiti da su vrijednosti pH bjelanjaka (9,38) i žumanjaka (6,14) daleko veće nego što navode spomenuti autori, te se može pretpostaviti da su jaja skladištena nekoliko dana.

Turski istraživači Demirel i Kirikçi (2009.) proveli su istraživanje na temu utjecaj različitog vremena skladištenja jaja na neka svojstva kvalitete i valivosti fazanskih jaja. Navedeni autori pratili su kvalitetu jaja kroz period od 14 dana, a jaja su čuvali na temperaturi 14°C. Za komparaciju s našim rezultatima uzimali smo samo jaja koja su autori analizirali kao svježa (čuvanje 1-2 dana). U njihovom istraživanju prosječna masa svježih jaja iznosila je 32,14 g, što je suglasno našim rezultatima za fazanska jaja (32,32 g). Indeks oblika fazanskih jaja u njihovom istraživanju iznosio je 80,78%, što nije suglasno našim rezultatima, jer je



kod nas indeks oblika jaja u prosjeku je iznosio 77,61%. Masa ljuske svježih fazanskih jaja u njihovom istraživanju iznosila je 3,60 g što je sukladno našim rezultatima (3,27g). Debljina ljuske u njihovom istraživanju bila je 0,316 mm što je slično debljini ljuske iz našeg istraživanja (0,29 mm) Mase bjelanjka i žumanjka iznosile su 10,79 g i 17,55 g, što sukladno našim rezultatima. Nadalje autori navode udjele osnovnih dijelova u jajetu koji su iznosili: Ljuska 11,22%; žumanjak 33,56% i bjelanjak 55,22%. Njihovi rezultati slični su našima (ljuska 10,15%; žumanjak 32,58% i bjelanjak 57,27%). Svježinu jaja pokazuje Houghove jedinice, što je on veći to su jaja svježija. U istraživanju Demirel i Kirikçi (2009.) HU vrijednosti za svježja jaja iznosila su 83,02 što nije sukladno s našim rezultatima (72,77). U istraživanju kojeg su proveli Kuzniacka i sur. (2005.) kontrolirana je kvaliteta fazanskih jaja tijekom cijele sezone nesenja. Razdoblje proizvodnje fazanskih jaja trajalo je 13 tjedana. Kvaliteta jaja ocjenjivana je svaka dva tjedna tijekom proizvodnog ciklusa počevši s 3 tjednom pa sve do 13. tjedna. Prosječna masa jaja mijenjala se u ovisnosti o dobi fazana prilikom nesenja. U prosjeku za 13 tjedana masa jaja iznosila je 31,30 g, što je nešto manje u odnosu na naše rezultate. Indeks oblika koji navode autori bio je 78,0% što je sukladno našim rezultatima. Masa osnovnih dijelova u jajima koju navode spomenuti autori bila je 3.0 g ljuska; 10,1 g žumanjak i 18,0 g bjelanjak. Ove vrijednosti slične su vrijednostima koje smo utvrdili mi u svom istraživanju (ljuska 3,27 g; žumanjak 10,51 g i bjelanjak 18,54 g). Debljina ljuske fazanskih jaja koju navode Kuzniacka i sur. (2005.) istovjetna je našim vrijednostima za debljinu (0,29 mm). Udjeli osnovnih dijelova fazanskih jaja iznosili su 9,7% ljuska, 32,4% žumanjak i 57,9% bjelanjak, Njihovi rezultati udjela bjelanjka i žumanjka u jajima fazana sukladni su našima, dok je udio ljuske u njihovom istraživanju nešto manji u odnosu na naše istraživanje. Boja žumanjka fazanskih jaja u navedenom istraživanju mjerena je La Rocherovom skalom koja ima raspon od 1-15 odnosno novija 16 nijansi. Broj 1 na skali ukazuje na izrazito svijetlu boju žumanjak jaja dok broj 15-16 ukazuju na narančasto-crvenu boju žumanjka. Boja žumanjka u istraživanju Kuzniacka i sur. (2005.) u prosjeku je iznosila 6,6 te nije sukladno vrijednostima boje žumanjka izmjerene u našem istraživanju (7,33). Božur i sur. (2023.) navode da je boja žumanjka fazanskih jaja snesenih u svibnju 9,16 što također nije u skladu s našim rezultatima. S obzirom da na boju žumanjaka utjecaj ima hranidba peradi, pretpostavljamo da je razlika u rezultatima boje žumanjak nastala upravo radi hranidbe fazana različitim krmnim smjesama. Kuzniacka i sur. (2005.) u istraživanju navode i vrijednosti pH žumanjka i bjelanjka, kao i HU. Vrijednosti pH žumanjka i bjelanjka iznosile su 6,30 i 8,79 a HU 81,8. Vrijednosti pH žumanjka i bjelanjka bile su sukladne našim rezultatima, dok su vrijednosti HU u našem istraživanju bile nešto

niže. Božur i sur. (2023.) u istraživanju utjecaja perioda nesjenja na kvalitetu rasplodnih jaja običnog fazana uzgojenog u kontroliranim uvjetima, navode da je masa fazanskih jaja snesenih u svibnju 33,43 g što je nešto veća masa jaja u usporedbi s našim rezultatima (32,32 g). Također navedeni autori u rezultatima navode da je debljina ljuske fazanskih jaja mjerena u mjesecu svibnju iznosila 0,320 mm, a čvrstoća 3,76 kg/cm<sup>2</sup> (36,87N). Njihovi rezultati debljine i čvrstoće ljuske fazanskih jaja su nešto veći te nisu sukladni rezultatima našeg istraživanja.

Lukanov i sur. (2019.) u istraživanju na temu kvalitete prepeličjih jaja u istraživanju su koristili tri genetike prepelica (WG, GG i GL). U istraživanju je sudjelovalo 160 ženki iz populacija WG i GG i 96 ženki iz populacije GL. U rezultatima istraživanja autori navode da se prosječna masa jaja kretala u rasponu od 12,79 g (GL) do 14,04 (WG). Populacija GG prepelica u prosjeku je postigla masu jaja od 13,65g. Masa prepeličjih jaja u našem istraživanju bila je u prosjeku 11,47 g, što je značajno manje u usporedbi s vrijednostima mase jaja prepelica u spomenutom istraživanju. Wijedasa i sur. (2020.) navode da je masa prepeličjih jaja u njihovom istraživanju bila u prosjeku 9,47 g što također nije sukladno našim rezultatima (11,47g). Hrnčár i sur. (2014.) ističu da su jaja teškog tipa prepelica imala veću masu u odnosu na laki tip prepelica (13,06 g odnosno 11,48 g). Masa jaja imala je utjecaj na masu ljuske, koja je bila veća kod teškog tipa u odnosu na laki tip prepelica (1,16g odnosno 1,02g). Njihovi rezultati za teški tip prepelica nisu sukladni našima, dok je masa jaja lakog tipa prepelica slična prosječnoj masi prepeličjih jaja iz našeg istraživanja. Indeks oblika prepeličjih jaja ovisno o genetici iznosio je WG 77,55%, GG 78,31% i GL 78,11% (Lukanov i sur., 2019.) odnosno 80,90 (Wijedasa i sur., 2020.). Hrnčár i sur. (2014.) navode indeks oblika od 76,70% za laki tip prepelica, a za teški tip 78,18%. Indeks oblika u našem istraživanju bio je sukladan vrijednostima koje u radu navode Lukanov i sur. (2019.) za populaciju WG, dok u usporedbi s ostalim vrijednostima koje navode svi gore spomenuti autori rezultati indeksa oblika su manji ili veći od rezultata u našem istraživanju koji su iznosili 77,82%. Udjeli osnovnih dijelova u jajima prepelica koje navode Lukanov i sur. (2019.) značajno su veći u odnosu na naše rezultate. Hrnčár i sur. (2014.) u istraživanju su koristili jaja lakog i teškog tipa prepelica. Ovisno o tipu prepelica navode sljedeće udjele osnovnih dijelova u jajima. Jaja lakog tipa prepelica imao je 8,88% ljuske, 32,43% žumanjaka i 58,78% bjelanjaka a teški tip imao je ljuske 8,89%; žumanjaka 35,84% i bjelanjaka 58,39%. Udjeli ljuske i bjelanjaka u prepeličjim jajima navedenih istraživača bili su manji u usporedbi s našim rezultatima, dok su udjeli žumanjaka bili veću u odnosu na naše

rezultate. Nepomuceno i sur. (2014.) proučavali su kvalitetu prepeličjih jaja kupljenih u dvije kompanije (A i B). Autori navode da je debljina ljuske prepeličjih jaja skupine A iznosila 0,157 mm a skupine B 0,153 mm, što nije sukladno našim rezultatima gdje je debljina ljuske iznosila 0,219 mm. Isti autori navode vrijednosti za pH žumanjka (A=6,75 i B=6,58) i pH bjelanjak (A=10,26 i B=10,25). Njihovi rezultati za pH žumanjka nešto su viši od naših, dok su vrijednosti pH bjelanjka u njihovom istraživanju značajno veće od pH vrijednosti bjelanjka u našem istraživanju. Hrnčár i sur. (2014.) navode da su debljina ljuske prepeličjih jaja za laki tip prepelica 0,25 mm a za teški tip 0,23 mm što je sukladno našim rezultatima. Boja žumanjka prepeličjih jaja koju navode Wijedasa i sur. (2020.) te Hrnčár i sur. (2014.) značajno je manja (4,10 odnosno 4,30 i 4,40) od boje žumanjka prepeličjih jaja u našem istraživanju (9,10).

Barik i Nayak (2020.) analizirali su kvalitetu purjih jaja koja su imala prosječnu masu 76,25 g. Masa žumanjka purjeg jajeta u njihovom istraživanju iznosila je 21,67 g, bjelanjka 42,31 g a ljuske 13,90 g. Purja jaja u našem istraživanju imala su prosječno manju masu ljuske (8,29g) i ukupnu masu jaja (75,87g), dok je masa žumanjka i bjelanjka bila veća (22,69g i 44,89g) u odnosu na gore spomenute autore. U istraživanju kvalitete purjih jaja podrijetlom od dva domaća soja (crni i bijeli) Yahaya i sur. (2021.) navode veću masu jaja kod bijelog soja u odnosu na crni soj (72,63 g odnosno 69,12g), dok je indeks oblika bio veći kod crnog soja u odnosu na bijeli soj (64,58 odnosno 64,20). Sarica i Erensayin (2004.) izvijestili su da purja jaja prema obliku možemo svrstati u tri skupine. Purja jaja normalnog oblika imaju indeks od 72-76, okrugla jaja imaju indeks veći od 76, a šiljata manji od 72. Purja jaja analizirana u ovom istraživanju prema navedenoj skali indeksa oblika pripadaju u skupinu jaja normalnog oblika. Galić i sur. (2018.) u rezultatima istraživanja kvalitete jaja Zagorskog purana navode vrijednosti indeksa oblika u rasponu od 69,69% do 71,05%, što bi u prosjeku iznosilo 70,37%, i nešto je manja vrijednost u odnosu na naše istraživanje (73,14%). Jaja zagorskog purana iz tog istraživanja spadala bi u jaja šiljastog oblika, dok bi jaja pura iz istraživanja koje su provodili Barika i Nayaka, (2020.) spadalo u jaja okruglog oblika zbog toga što je indeks oblika purjih jaja u njihovom istraživanju iznosio 77,82%. Indeks žumanjka u istraživanju Barika i Nayaka bio je 0,460, dok su HU iznosile 92,22. Rezultati indeksa žumanjak nešto su veći u odnosu na indeks žumanjak utvrđen u našem istraživanju (0,406). Indeks oblika i HU značajno su veće u istraživanju Barika i Nayaka, (2020.) u odnosu na naše rezultate. Prosječna masa purjih jaja u istraživanju Wijedasa i sur. (2020.) iznosila je 71,48g, a indeks oblika 69,20. Rezultati mase purjih jaja i indeks oblika koji navode

spomenuti autori nisu sukladni našim rezultatima. Debljina ljuske purjih jaja u istraživanju Barika i Nayaka, (2020.). veća je u odnosu na debljinu ljuske purjih jaja u našem istraživanju (0,510 mm u odnosu na 0,480 mm), dok su naše vrijednosti za debljinu ljuske veće u odnosu na rezultate Galić i sur. (2018.) koji navode da je debljina ljuske jaja Zagorskog purana u prosjeku u prvom ciklusu istraživanja iznosila 0,339 mm, a u drugom ciklusu 0,368 mm. Veće vrijednosti u našem istraživanju bile su i u odnosu na rezultate koje su utvrdili Mroz i sur. (2014.). Navedeni autori su kod Poljskih pura čija je masa jaja bila u razredu 78-82g, utvrdili debljinu ljuske purjih jaja od 0,356 mm. Yahaya i sur. (2021.) u rezultatima istraživanja navod da crni tip pura ima manju masu ljuske u odnosu na bijeli tip pura (9,11 g odnosno 9,45g), dok je debljina ljuske jaja ista za oba tipa (0,27 mm). Rezultati mase ljuske koju navode gore spomenuti autori veće su u odnosu na masu ljuske purjih jaja u ovom istraživanju, dok su za debljinu ljuske rezultati našeg istraživanja značajno veći. Indeks žumanjak purjih jaja i vrijednosti HU u istraživanju Wijedasa i sur. (2020.) iznosile su 0,40 i 70,53. Rezultati indeksa žumanjka koju navode Wijedasa i sur. (2020.) sukladni su našim rezultatima, dok je vrijednost HU značajno veća u njihovom istraživanju. Indeks žumanjka i HU u istraživanju Yahaya i sur. (2021.) iznosili su za bijeli tip pura 6,0 i 146,70 a za crni tip pura 6,02 i 146,70. Rezultati koje navode ovi autori nisu sukladni rezultatima indeks žumanjka i HU u našem istraživanju. Ljuboja (2016.) u svom istraživanju za purja jaja mase 83,28g navodi vrijednost HU od 74,77; visinu bjelanjka od 6,77 mm, pH vrijednosti bjelanjka i žumanjak od 8,87 i 6,22. Njeni rezultati za navedene pokazatelje također nisu sukladni našim rezultatima. Vrijednosti prosječne mase jaja, HU i visine bjelanjka u njenom istraživanju su veće, dok su vrijednosti pH bjelanjka i žumanjka veće u našem istraživanju.

Kvalitetu pačjih i guščjih jaja istraživali su Amano i Olugbemiga (2016.). Jaja od obje vrste peradi nabavljali su od lokalnih proizvođača. U istraživanju su analizirali 240 jaja pataka i isto toliko guščjih jaja. Analizirana pačja jaja imala su prosječnu masu od 70,45g, što je manja masa u odnosu na naše rezultate (75,69g). Dužina jaja iznosila je 62,34 mm, a širina 39,40 mm. Indeks oblika pačjih jaja bio je 67,35% dok je indeks oblika pačjih jaja u našem istraživanju iznosio 75,50%. Masa ljuske pačjih jaja bila je 7,80g a debljina 0,49 mm. U odnosu na naše rezultate dužina jaja je bila veća dok je širina bila manja. Masa i debljina ljuske jaja bili su sukladni našim rezultatima. Nadalje, Amano i Olugbemiga (2016.). u istraživanju navode masu žumanjak koja je u prosijeku iznosila 31,50 g. Indeks žumanjak analiziranih pačjih jaja bio je 0,338. Bjelanjak pačjih jaja je imao u prosjeku 28,78g. Vrijednosti indeksa žumanjka nisu sukladne našem istraživanju, jer smo dobili veće rezultate

u odnosu na spomenute autore. Vrijednosti mase žumanjka bile su manje, a bjelanjka veće u našem istraživanju. Vrijednosti HU za pačja jaja iznosila su 73,24 (Amano i Olagbemiga, 2016.), što je manje u usporedbi s našim rezultatima. Kokoszynski i sur. (2007.) navode da je indeks oblika jaja Pekinške patke iznosio 74,1%, a indeks žumanjka 0,402 mm. Njihovi rezultati sukladni su našima. Istraživanju kojeg su proveli Galić i sur. (2019.) bavilo se analizom kvaliteta jaja dva genotipa pataka, Pekinške patke i Cherry Valley. Za analize kvalitete jaja ukupno su uzorkovali 120 jaja, 60 po svakom genotipu. Masa jaja Pekinške patke u prosjeku je iznosila 71,91g odnosno 94,23g kod Cherry Valley. Masa pačjih jaja u našem istraživanju bila je bliža masi Pekinške patke. Jaja Pekinške patke bila su dugačka 63,88 mm, a široka 44,79 mm, dok su jaja genotipa Cherry Valley bila dugačka 67,70 mm, a široka 49,89 mm. Iz navedenih mjera izračunat je indeks oblika koji je kod Pekinške patke iznosio 70,16% a kod Cherry Valley patke 73,80%. Vrijednosti dužine i širine jaja u našem istraživanju kao i indeks oblika slične su vrijednostima koje navode Galić i sur. (2019.). Nadalje spomenuti autori navode i vrijednosti debljine i čvrstoće ljuske pačjih jaja, tako su jaja Pekinške patke u prosjeku imala ljusku debljine 0,336 mm a čvrstoću 42,64N, dok je patka Cherry Valley imala debljinu ljuske 0,357 mm i čvrstoću 50,32N. Ljuboja (2016.) navodi da su pačja jaja imala ljusku debljinu 0,470 mm a čvrstoća ljuske kretala se u rasponu od 2,59 kg /cm<sup>2</sup> do 4,87kg/cm<sup>2</sup> što bi u prosjeku iznosilo 3,50 kg/cm<sup>2</sup> odnosno 34,32N. S obzirom da je priroda patke da svoje gnijezdo pravi uz rijeke u trski kako bi sakrila jaja od grabežljivaca ljuska jaja mora biti dovoljno čvrsta da ne pukne dok se u njoj razvija embrij (Altuntas i Sekeroglu, 2008.). I u našem istraživanju debljina i čvrstoća ljuske pačjih jaja bila je visoka te je iznosila 0,500 mm odnosno 54,98 N, što odgovara vrijednosti 5,61 kg/cm<sup>2</sup>. Galić i sur. (2019.) u istraživanju navode i masu osnovnih dijelova u jajima. Kod Pekinške patke masa bjelanjka iznosila je 37,58g, žumanjka 25,26g i ljuske 9,07g. Cherry Valley patke imale su bjelanjak mase 51,72g, žumanjak 31,21g i ljusku 11,30g. Indeks žumanjka u njihovom istraživanju iznosio je 0,40 kod oba genotipa, vrijednosti HU bile su veće kod Pekinške patke (84,84) u odnosu na Cherry Valley (71,15). Njihovi rezultati mase osnovnih dijelova jaja za Pekinšku patku slični su našima, dok su oni od genotipa Cherry Valley značajno veći. Razlog tome je puno veća masa pačjih jaja genotipa Cherry Valley u odnosu na jaja koja smo analizirali u ovom istraživanju. Indeks žumanjka kod oba genotipa bio je sukladan našim vrijednostima, dok su HU u našem istraživanju bile sličnije onima koje su utvrdili kod patke Cherry Valley. Prosječna vrijednost HU promatrana u ovoj studiji bila je manja od HU jaja Pekinške patke (79,9) koju u svom istraživanju navode Kokoszynski i sur. (2007.), no bile su slične HU (63,1-74,0) koje u svom radu navode OnbaSilar i sur.

(2011.). Vrijednost pH žumanjka pačjih jaja u našem istraživanju kretala se u rasponu od 6,13 do 6,58 u prosjeku bi to iznosilo 6,34 dok je vrijednost pH bjelanjka u prosjeku iznosila 8,94. Usporedbom naših rezultata s rezultatima OnbaSilar i sur., (2011.) može se istaći da su pH vrijednosti žumanjaka (pH 6,1) i bjelanjka (pH 8,2) značajno niže od naših.

Mazanowski i Adamski (2006.) su proveli istraživanje o kvaliteti guščjih jaja. U istraživanju su koristili križance dvije pasmine gusaka. Križali su talijansku bijelu gusku (♂) i kubanskih gusaka (♀). Ovi križanci imaju veću proizvodnju jaja za čak 32 jaja po sezoni nesjenja od talijanskih bijelih gusaka, ali također imaju i nešto manju masu jaja. U istraživanju je za različite analize korišteno 90 jaja, prosječne mase 159,9 g, što je nešto veća masa jaja u odnosu na masu guščjih jaja u ovom istraživanju (152,33 g). Gore navedeni autori u rezultatima svog istraživanja navode da je dobiveni indeks oblika za guščja jaja 68,5% što je manje od naših rezultata (69,75%). Nadalje autori navode da je masa ljuske guščjih jaja u prosjeku bila 18,38 g, a njen udio u odnosu na masu cijelog jaja iznosio je 11,5%. Vrijednosti mase jaja sukladne su našim rezultatima, dok je udio nešto manji u odnosu na naše rezultate. Debljina ljuske guščjih jaja koju navode Mazanowski i Adamski (2006.) iznosi 0,567 mm što je manje u odnosu na debljinu ljuske guščjih jaja u našem istraživanju (0,667 mm). Amano i Olugbemiga (2016.). u istraživali su kvalitetu guščjih jaja navode debljinu ljuske od 0,420 mm i masu ljuske od 6,20g, što je manje u odnosu na naše istraživanje. Također navode indeks oblika 68,49% što je nešto manje u odnosu na izmjeren indeks oblika guščjih jaja u našem istraživanju (69,75%). U radu Ljuboje (2016.) navedene su vrijednosti debljine i čvrstoće ljuske guščjih jaja. Autorica navodi da je debljina ljuske guščjih jaja 0,588 mm a čvrstoća 5,58 kg/cm<sup>2</sup> (54,72N). Naši rezultati za spomenute pokazatelje su veći te nisu sukladni s njenim rezultatima. Ista autorica navodi da je kod guščjih jaja visina bjelanjka iznosila 7,05 mm a vrijednost HU 61,99. Ovi rezultati su veći u odnosu na naše. Masa žumanjka guščjih jaja koju navode Mazanowski i Adamski (2006.) u prosijeku iznosi 57,08 g, što je oko 35,7% ukupne mase jaja. Nadalje isti autori navode i masu bjelanjak koja je u prosijeku 84,42 g, što iznosi oko 52,8%. Rezultati navedenih autora nešto su viši od naših. Pretpostavljamo da je uzrok navedenom razlika u ukupnoj masi jaja. Vrijednost HU koji navode gore spomenuti autori iznosi 56,6 što je veća vrijednost u odnosu na naše rezultati (52,02). Razlog prilično niskih vrijednosti HU u istraživanju Mazanowski i Adamski (2006.) i naših rezultata možemo protumačiti činjenicom da guske ne nesu jaja svaki dan te se jaja za analizu skupljaju nekoliko dana (nisu sva svježa). Veće vrijednosti u odnosu na naše rezultate za HU (71,49) kod guščjih jaja navode Amano i Olugbemiga (2016.). Vrijednosti

pH žumanjka od 5,67 i bjelanjka od 8,64 gušćjih jaja koje navode Mazanowski i Adamski (2006.) niže su o odnosu na pH vrijednosti u našem istraživanju.

U literaturi se navodi da postoji oko 9000 različitih vrsta ptica prilagođenih širokom rasponu životnih stilova i staništa diljem svijeta. Osim razlike u staništu vrlo je velika razlika i u vrsti hrane koju konzumiraju (King i McLelland, 1984.). Ovisno o vrsti ptica, hrana koju svakodnevno konzumiraju može biti bazirana na žitaricama i sjemenkama (bogate 18:2n-6), trava i lišća (bogate 18:3n-3), ribe i drugog vodeni organizmi (bogat 20:5n-3 i 22:6n-3). Ptice su po svojoj prirodi biljojedi, ali ovisno o vrsti ptice mogu pojesti i različite kukce pa čak i ribe ako se drže na otvorenom. Domaća perad većinom se hrani žitaricama, a ukoliko se drže na ispustima mogu konzumirati travu i kukce. Na profil masnih kiselina koji je utvrđen u žumanjcima jaja različitih vrsta peradi utjecaj ima prvenstveno hranidba životinja, a onda i vrsta peradi. Najpovoljniji omjer n-6 PUFA/ n-3 PUFA imala su gušćja jaja (2,34), dok su vrlo nepovoljni omjeri navedenih masnih kiselina utvrđeni kod jaja fazana (26,57) i prepelica (20,39). Kod jaja fazana i prepelica udio n-3 PUFA bio je izuzetno nizak što je onda utjecalo na sam omjer n-6/n3 PUFA. Guske, patke i pure se na obiteljskim gospodarstvima često drže na otvorenim ispustima te su u mogućnosti konzumirati osim žitarica i različite trave i kukce. Upravo radi te činjenice u jajima ove tri vrste peradi utvrđen je veći udio n-3 PUFA (3,32%, 1,79 % i 2,11%) u odnosu na prepelice, fazane i kokoši (0,58%, 0,98% i 1,35%). Do slične spoznaje u svom istraživanju došli su i Speake i sur. (1999.) koji su u jajima guske i fazana koji su držani na otvorenom, utvrdili veći sadržaj  $\alpha$ -linolenske masne kiseline (C18:3 n-3) u odnosu na one koji su držani u zatvorenom objektu i hranjeni isključivo koncentriranom hranom na bazi žitarica. S obzirom da su gušćja jaja u našem istraživanju kupljena na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu guske su imale pristup travnatim površinama, te radi konzumacije trave i kukaca u profilu masnih kiselina u žumanjcima gušćjih jaja imamo visok unos  $\alpha$ -linolenske masne kiseline (2,25%) u odnosu na linolnu masnu kiselinu (5,35), što povoljno utječe sadržaj ukupnih PUFA (11,08%), te na omjer n-6/n-3 PUFA (2,34). Za razliku od gušćjih jaja prepelice su držane u kavezu i hranjene su isključivo koncentriranom krmnom smjesom te je sadržaj  $\alpha$ -linolenske masne kiseline u njihovim jajima bio niskih 0,58% u odnosu na linolnu masnu kiselinu čiju je utvrđeni sadržaj bio 9,17%. Ukupne PUFA iznosile su 12,41%, a omjer n-6/n-3 PUFA bio je izrazito širok i nepovoljan (20,39). Esencijalne masne kiseline, linolna (n-6) i  $\alpha$ -linolenska n-3, dio su naše prehrane od početka ljudskog života. Prije poljoprivredne revolucije ljudi su konzumirali približno jednake količine obje masne kiseline. U proteklih 150 godina ta je

ravnoteža poremećena. Trenutne procjene u zapadnim zemljama sugeriraju da je omjer n-6 prema n-3 masnim kiselinama od 10 do 20 ili 25:1 umjesto onog koji bi bio poželjan (1 do 2:1). (Simopoulos, 2000.). Iz tog razloga na velikim farmama koje se bave proizvodnjom konzumnih kokošjih jaja dizajniraju krmne smjese kojima se nastoji u jajima smanjiti omjer n-6/n-3 PUFA tako da on bude što bliži 4 ili čak i manji od toga (Kralik i sur., 2023.; Radanović i sur., 2023.) Omjeri PUFA prema SFA i n-6 prema n-3 PUFA omjerima, te AI i TI obično se koriste za procjenu učinaka lipida na zdravlje potrošača. Stoga konzumacija hrane ili proizvoda s nižim AI može smanjiti razine ukupnog kolesterola i lipoproteinskog kolesterola niske gustoće (LDL-C) u ljudskoj krvnoj plazmi (Yurchenko i sur., 2018.). Drugi važan indeks koji se obično koristi u mnogim studijama za procjenu nutritivne vrijednosti sastava masnih kiselina u cilju da se procijeni stupanj trombogenosti je TI (Chen i Liu, 2020.). Manji omjeri AI i TI su povoljniji za zdravlje potrošača. Prepeličja jaja imaju najveću vrijednost TI (2,66) stoga su ona najmanje poželjna za konzumaciju. Ovaj indeks pokazuje omjer pro-trombogenicih (zasićenih) i anti-trombogenicih (nezasićenih) masnih kiselina. Upravo izuzetno mali udio nezasićenih masnih kiselina, posebno ukupnih n-3 PUFA (0,58%) podigao je vrijednost ovog indeksa. Jaja fazanki i pura imaju niži omjerom  $\frac{\sum SFA}{\sum PUFA}$  te pokazuju nešto niže vrijednosti TI. U literaturi je zabilježeno da proizvodi životinjskog podrijetla s niskim indeksom trombogenosti smanjuju opasnost od fibrilacije atrijske atrijske ili atrija (Watson i sur., 2009.). Zdravo jaje karakteriziraju niski aterogeni i trombogeni indeksi, što predviđa odgodu ateroskleroze, i posljedično, smanjuje rizik od kardiovaskularnih bolesti (Attia i sur., 2015.). Hrana s nižim omjerom PUFA i SFA može potaknuti povećanje kolesterola u krvi (Simopoulos, 2000.). Kada se analizira sam, ovaj omjer može imati ograničenja, budući da se oslanja samo na kemijsku strukturu masnih kiselina, budući da sve SFA mogu potaknuti povećanje kolesterola u krvi, zanemarujući tako hipokolesterolemijske učinke MUFA i profil PUFA u žumanjcima (Melo i sur., 2019.).



## 6. ZAKLJUČAK

Na temelju analize jaja različitih vrsta peradi može se istaknuti da sva analizirana jaja svojom kvalitetom udovoljavaju propisima koji su navedeni u Pravilniku o tržišnim standardima za jaja. Jaja različitih vrsta peradi koja su proizvedena na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima na području Osječko-baranjske županije u mjesecima travanj-svibanj 2024. godine pokazala su različite vrijednosti u pokazateljima vanjske i unutarnje kvalitete jaja. Prvenstveno su razlike vezane za vrstu peradi. Tako su guščja jaja imala najveću prosječnu masu 152,33 g, dok su jaja prepelica bila najmanja s masom od 11,47g. S obzirom da postoji korelacija između mase jaja i debljine i čvrstoće ljuske, bilo je za očekivati da će čvrstoća i debljina ljuske jaja biti najveća kod guščjih jaja (55,20N i 0,667 mm), a najmanja kod jaja prepelica (10,96 N i 0,219 mm). Boja žumanjka bila je najmanja kod fazanskih jaja (7,33) dok je kod pačjih i kokošnjih jaja bila najveća i iznosila je (10,90 i 10,73). Prema svježini jaja gusaka bila su nešto starija (HU 52,02), dok su jaja pataka bila najsvježija (HU 74,66). Analizom profila masnih kiselina u žumanjcima jaja 6 vrsta domaće peradi utvrdili smo prilično široke omjere n-6/n3 PUFA kod fazanskih i prepeličjih jaja (26,57 i 20,39), stoga je potrebno korigirati krmne smjese koje se koriste u hranidbi tako da se sastav smjese prilagoditi određenoj vrsti peradi. Analizom jaja dobio se i različit status malondialdehida, indeksa nutritivne vrijednosti, aterogenih i trombogenih indeksa, te hipo-hiper kolesterolemijskog omjera. Ovakve varijacije kod analiza jaja mogu utjecati na nutritivne vrijednosti jaja, a time i na zdravstvene benefite konzumenata. Esencijalne masne kiseline, linolna (n-6 PUFA) i  $\alpha$ -linolenska (n-3 PUFA), bile su dio ljudske prehrane od začetaka života te su nekada ljudi konzumirali otprilike jednake količine navedenih masnih kiselina. U proteklih 150 godina ova ravnoteža je značajno poremećena. Trenutne procjene brze prehrane sugeriraju da je omjer n-6 PUFA prema n-3 PUFA izuzetno širok te se kreće od 20 ili 25:1 umjesto 1 ili 2:1. Stoga se može predložiti da se standardizacija i kontrola kvalitete jaja na tržištu RH osim na dosada propisanim procedurama temelji i na analizi profila masnih kiselina jer bi to bio alat za smanjenje rizika od ateroskleroze, trombogeneze i hiperkolesterolemije.

## 7. LITERATURA

1. Altuntas, E., Sekeroglu, A. (2008.): Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*. 85(4): 606-612.
2. Amano, S.R., Olugbemiga, K.S. (2016.): A study of quality traits of duck and goose eggs selected from different areas of Oyo metropolis, Southern Guinea zone of Nigeria. *J. Agric. Sci.* 10(1): 1-7.
3. Attia, Y.A., Al-Harhi, M.A., Korish, M.A., Shiboob, M.M. (2015.): Fatty acid and cholesterol profiles and hypocholesterolemic, atherogenic, and thrombogenic indices of table eggs in the retail market. *Lipids in Health and Disease*. 14: 1-8.
4. Barik, B.P., Nayak, Y. (2020.): Comparative analysis of egg quality traits of chicken and turkey. *International Journal of Research Culture Society*, 4(2): 85-89.
5. Božur, D., Florijančić, T., Bošković, I., Košević, M., Kralik, Z. (2023.): Utjecaj perioda nesenja na kvalitetu rasplodnih jaja običnog fazana (*Phasianus colchicus*) iz kontroliranog uzgoja. *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme*, 65(2): 95-103.
6. Chen, J., Liu, H. (2020.): Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review. *Int. J. Mol. Sci.*, 21: 5695.
7. Chen, Y., Qiao, Y., Xiao, Y., Chen, H., Zhao, L., Huang, M., Zhou, G. (2016.): Differences in physicochemical and nutritional properties of breast and thigh meat from crossbred chickens, commercial broilers, and spent hens. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 29(6): 855–864.
8. Dedousi, A., Kritsa, M.Z., Đukić Stojčić, M., Sfetsas, T., Sentas, A., Sossidou, E. (2022.): Production performance, egg quality characteristics, fatty acid profile and health lipid indices of produced eggs, blood biochemical parameters and welfare indicators of laying hens fed dried olive pulp. *Sustainability*, 14(6): 3157.
9. Demirel, Ş., Kirikçi, K. (2009.): Effect of different egg storage times on some egg quality characteristics and hatchability of pheasants (*Phasianus colchicus*). *Poultry science*, 88(2): 440-444.
10. Duman, M., Şekeroğlu, A., Yıldırım, A., Eleroğlu, H.A.S.A.N., Camcı, Ö. (2016.): Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *European Poultry Science/Archiv für Geflügelkunde*, 80 (117).
11. Eke, M.O., Olaitan, N.I., Ochefu, J.H. (2013.): Effect of storage conditions on the quality attributes of shell (table) eggs. *Nigerian Food Journal*, 31(2):18-24.

12. Galić, A., Filipović, D., Pliestić, S., Janječić, Z., Bedeković, D., Kovačev, I., Čopec, K., Koronc, Z. (2019.): Usporedba kvalitativnih svojstava jaja Pekinške patke i Cherry Valley patke iz sustava slobodnog uzgoja. *Journal of Central European Agriculture*, 20(4): 1099-1110.
13. Galić, A., Pliestić, S., Janječić, Z., Bedeković, D., Filipović, D., Kovačev, I., Čopec, K. (2018.): Some physical, morphological and mechanical characteristics of turkey (*Meleagris gallopavo*) eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 20(2): 317-324.
14. Hernandez, J.M. (2005.): European consumer surveys about egg quality: how to improve the nutritional value. XIth European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products Doorwerth, The Netherlands, (CD Symposium Proceedings). 245-250.
15. Hincke M.T., Nys Y., Gautron J. (2010.): The role of matrix proteins in eggshell formation. *J. Poultry Sci.* (2010) 47(3): 208–19.
16. Hrnčár, C., Hanusova, E., Hanus, A., Bujko, J. (2014.): Effect of genotype on egg quality characteristics of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Slovak Journal of Animal Science*, 47(1): 6-11.
17. <https://www.britannica.com/science/egg-biology> (pristupljeno 2. rujna 2024.)
18. King AS, McLelland J. (1984.): *Birds: Their Structure and Function*. Edition 2. London, Elsevier science health science division. 1984.
19. Kokoszynski, D., Bernacki, Z., Korytkowska, H. (2007.): Eggshell and egg content traits in Peking duck eggs from the P44 reserve flock raised in Poland. *Journal of Central European Agriculture*, 8 (1): 9-16.
20. Kralik, G., Has-Schön, E., Kralik, D., Šperanda, M. (2008.): Peradarstvo, Biološki i zootehnički principi. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. 61-82.
21. 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.
22. Kralik, Z., Kralik, G., Košević, M., Galović, O., Samardžić, M. (2023.): Natural multi-enriched eggs with n-3 polyunsaturated fatty acids, selenium, vitamin E, and lutein. *Animals*, 13(2): 321.
23. Kralik, Z., Radišić Ž., Grčević M., Kralik G. (2013): Comparison of quality of table eggs produced in various systems of keeping laying hens. XV European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products and XXI European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Proceedings World's Poultry Science Journal, Volume (69), Supplement, ID 101, Bergamo, Italy, 15-19.09.2013.

24. Kuzniacka, 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.
25. Lukanov, H., Genchev, A., Kolev, P. (2019.): Egg quality traits in WG, GG and GL Japanese quail populations. *Trakia Journal of Sciences*, 1(1):49-55.
26. Ljuboja, B. (2016.): Kvaliteta jaja različitih vrsta peradi (Završni rad, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of agriculture. Department for special zootehnique).
27. Mazanowski, A., Adamski, M. (2006.): The structure, chemical composition and time trends of egg quality characteristics in high-producing geese. *Archiv fur Geflugelkunde*, 70(3): 127-133.
28. Melo, J., Ferreira, F., Labre da Silva, T., Nascimento, K., de Oliveira V., Barbosa, J.L., Barbosa, M., Saldanha, T. (2019.): Nutritional quality and functional lipids in the free-range egg yolks of Brazilian family farmers. *Rev.Chil.Nutr.* 46(4): 420-428.
29. Mroz E, Stepinska M, Krawczyk M. (2014.): Morphology and chemical composition of turkey eggs. *Journal of Applied Poultry Research*, 23(2):196-203.
30. Nepomuceno, R.C., Watanabe, P.H., Freitas, E.R., Cruz, C.E.B., Peixoto, M.S.M., Sousa, M.L.D. (2014.): Quality of quail eggs at different times of storage. *Ciência Animal Brasileira*, 15(4): 409-413.
31. Omri, B., Chalghoumi, R., Izzo, L., Ritieni, A., Lucarini, M., Durazzo, A., Abdouli, H., Santini, A. (2019.): Effect of dietary incorporation of linseed alone or together with tomato-red pepper mix on laying hens' egg yolk fatty acids profile and health lipid indexes. *Nutrients*. 11 (4): 813.
32. OnbaSilar, E. E., Erdem, E., Poyraz, O., Yalcin, S. (2011.): Effects of hen production cycle and egg weight on egg quality and composition, hatchability, duckling quality, and first-week body weight in Pekin ducks. *Poultry Science*, 90 (11): 2642-2647.
33. Pravilnik o tržišnim standardima za jaja (NN 80/24), Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, 2024.
34. Radanović, A., Kralik, G., Drenjančević, I., Galović, O., Košević, M., Kralik, Z. (2023.): N-3 PUFA Enriched Eggs as a Source of Valuable Bioactive Substances. *Foods*, 12(23): 4202.
35. Samli, H. E., Okur, A. A., Senkoylu, N. (2005.): Effects of Storage Time and Temperature on Egg Quality in Old Laying Hens. *J. Appl. Poult. Res.* 14(3):548-553.

36. Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., Santos-Silva, F. (2002.): Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*. 77 (2-3): 187–194.
37. Sarica, M. and C. Erensayin, 2004: Poultry Products. Section 4, 100-160. Poultry Science, Edited by M.Turkoglu, M.Sarica, 489 p., ISBN:270-442-5, Bey-Ofset, Ankara, Turkey.
38. Senčić, Đ. (2011.): Tehnologija peradarske proizvodnje, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. 20-23.
39. Senčić, Đ., Samac, D. (2017.): Jaja, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. 25-27.
40. Silversides, F.G., T.A. Scott (2001.): Effect of storage and layer age on quality of eggs from tow lines of hens. *Poultry Science*. 80(8): 1240-1245.
41. Simopoulos, A.P. (2000.): Human requirement for N-3 Polyunsaturated Fatty Acids. *Science*, 79(7): 961-970.
42. Speake, B.K., Surai, P.F., Noble, R.C., Beer, J.V., Wood, N.A. (1999.): Differences in egg lipid and antioxidant composition between wild and captive pheasants and geese. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 124(1): 101-107.
43. Tadesse, D., Esatu, W., Girma, M., Dessie, T. (2015.): Comparative study on some egg quality traits of exotic chickens in different production systems in East Shewa, Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 10(9): 1016-1021.
44. TIBCO Statistica® Document Management System 13.5.0. Dostupno online: <https://docs.tibco.com/products/tibco-statistica-document-management-system-13-5-0> (pristupljeno, 15. svibnja 2023.).
45. Tulin, C., Ahmet, K. (2009.): Comparison of village chicken eggs and commercial eggs in terms of egg quality. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(12): 2542-2545.
46. Watson, T., Eduard, S., Lip, G.Y.H. (2009.): Mechanisms of thrombogenesis in atrial fibrillation: Virchow's triad revisited. *Lancet*. 373 (9658): 155-166.
47. Wijedasa, W.M.R.M., Wickramasinghe, Y.H.S.T., Vidanarachchi, J.K. Himali, S.M.C. (2020.): Comparison of egg quality characteristics of different poultry species. *Journal of Agricultural Science*, 12(11): 331-342.
48. Yahaya, H.K., Olutunmogun, A.K., Mohammad, Y.B., Shettima, M.M., Kabir, M. (2021.): Evaluation of egg quality characteristics of two strains of local turkey (*Meleagris gallopavo*) in Zaria, Kaduna State. *Nigerian Journal of Animal Production*, 48(1): 1-11.
49. Yurchenko, S., Sats, A., Tatar, V., Kaart, T., Mootse, H., Jõudu, I. (2018.): Fatty Acid Profile of Milk from Saanen and Swedish Landrace Goats. *Food Chem.*, 254: 326–332.

## 8. SAŽETAK

Jaja predstavljaju nutritivno visoko vrijednu animalnu namirnicu, a mogu biti rasplodna ili konzumna. Rasplodna jaja moraju biti oplodena za razliku od konzumnih. Neovisno da li je jaje rasplodno ili konzumno na njemu se može odrediti kvaliteta. Kvaliteta jaja ovisi o različitim vanjskim i unutarnjim pokazateljima. Vanjski pokazatelji su vezani za oblik i veličinu jaja, te kvalitetu ljuske, dok su unutarnji vezani za kvalitetu bjelanjka i žumanjka. Cilj ovog rada bio je analizirati vanjske i unutarnje pokazatelje kvalitete jaja različitih vrsta peradi (kokoš, fazan, prepelica, pura, patka i guska). Od pokazatelja kvalitete analizirani su: dužina jaja, širina jaja, indeks oblika, masa jaja, masa žumanjka, masa bjelanjka, masa ljuske, čvrstoća ljuske, debljina ljuske, visina bjelanjka, Haughove jedinice, boja žumanjka, visina žumanjka, promjer žumanjka, indeks žumanjka, pH bjelanjka i pH žumanjka. Osim navedenih pokazatelja u žumanjcima jaja različitih vrsta peradi analizirani su i profili masnih kiselina kao i stupanj oksidacije masti, te su izračunati nutritivni indeksi.

**Ključne riječi:** perad, kvaliteta jaja, profil masnih kiselina, TBARS, nutritivni indeksi

## 9. SUMMARY

Eggs are nutritionally valuable animal food, and can be used for breeding or consumption. Breeding eggs must be fertilized, unlike consumption eggs. Regardless of whether the egg is for breeding or consumption, its quality can be determined. Egg quality depends on various external and internal indicators. The external indicators are related to the shape and size of the egg, and the quality of the shell, while the internal indicators are related to the quality of the egg white and yolk. The aim of this work was to analyze external and internal indicators of egg quality of different types of poultry (hen, pheasant, quail, turkey, duck and goose). The following quality indicators were analyzed: egg length, egg width, shape index, egg mass, yolk mass, egg white mass, shell mass, shell strength, shell thickness, egg white height, Haugh units, yolk color, yolk height, yolk diameter, yolk index, pH of egg white and pH of yolk. In addition to the above indicators, the profiles of fatty acids and the degree of fat oxidation were analyzed in egg yolks of different types of poultry, and nutritional indices were calculated.

**Key words:** poultry, egg quality, fatty acid profile, TBARS, nutritional indices

## 10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Pokazatelji kvalitete kokošnjih jaja.....	16
Tablica 2. Pokazatelji kvalitete fazanskih jaja .....	18
Tablica 3. Pokazatelji kvalitete prepeličjih jaja .....	19
Tablica 4. Pokazatelji kvalitete purjih jaja .....	20
Tablica 5. Pokazatelji kvalitete pačjih jaja .....	22
Tablica 6. Pokazatelji kvalitete guščjih jaja .....	23
Tablica 7. Profil masnih kiselina u žumanjcima kokošnjih jaja .....	25
Tablica 8. Profil masnih kiselina u žumanjcima fazanskih jaja .....	26
Tablica 9. Profil masnih kiselina u žumanjcima prepeličjih jaja .....	28
Tablica 10. Profil masnih kiselina u žumanjcima purjih jaja .....	29
Tablica 11. Profil masnih kiselina u žumanjcima pačjih jaja .....	30
Tablica 12. Profil masnih kiselina u žumanjcima guščjih jaja .....	31
Tablica 13. Nutritivni indeksi kod analiziranih jaja .....	32



## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz građe jajeta .....	3
Slika 2. Prikaz građe ljuske jajeta .....	4
Slika 3. Prikaz građe žumanjka jajeta .....	5
Slika 4. Reproductivni sustav kokoši .....	6
Slika 5. Jaja guske, kokoši, fazana i prepelice .....	11
Slika 6. Automatskim uređajem Digital Egg Tester - DET 6500 .....	12

## 12.POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Standardna krivulja za izračun oksidacije lipida u žumanjcima jaja .....	14
Grafikon 2. Udjeli osnovnih dijelova u kokošjem jajetu .....	17
Grafikon 3. Udjeli osnovnih dijelova u jajetu fazana .....	18
Grafikon 4. Udjeli osnovnih dijelova u prepeličjim jajima.....	20
Grafikon 5. Udjeli osnovnih dijelova u purjem jajetu .....	21
Grafikon 6. Udjeli osnovnih dijelova u pačjem jajetu .....	23
Grafikon 7. Udjeli osnovnih dijelova u guščjem jajetu .....	24
Grafikon 8. Omjer ukupnih SFA/PUFA u žumanjcima .....	33
Grafikon 9. Oksidacija lipida u žumanjcima jaja $\mu\text{g}$ MDA/g žumanjka .....	33

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij, modul Specijalna zootehnika

## Fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete jaja različitih vrsta peradi

Josip Vidović

**Sažetak:** Jaja predstavljaju nutritivno visoko vrijednu animalnu namirnicu, a mogu biti rasplodna ili konzumna. Rasplodna jaja moraju biti oplodena za razliku od konzumnih. Neovisno da li je jaje rasplodno ili konzumno na njemu se može odrediti kvaliteta. Kvaliteta jaja ovisi o različitim vanjskim i unutarnjim pokazateljima. Vanjski pokazatelji su vezani za oblik i veličinu jaja, te kvalitetu ljuske, dok su unutarnji vezani za kvalitetu bjelanjka i žumanjka. Cilj ovog rada bio je analizirati vanjske i unutarnje pokazatelje kvalitete jaja različitih vrsta peradi (kokoš, fazan, prepelica, pura, patka i guska). Od pokazatelja kvalitete analizirani su: dužina jaja, širina jaja, indeks oblika, masa jaja, masa žumanjka, masa bjelanjka, masa ljuske, čvrstoća ljuske, debljina ljuske, visina bjelanjka, Haughove jedinice, boja žumanjka, visina žumanjka, promjer žumanjka, indeks žumanjka, pH bjelanjka i pH žumanjka. Osim navedenih pokazatelja u žumanjcima jaja različitih vrsta peradi analizirani su i profili masnih kiselina kao i stupanj oksidacije masti, te su izračunati nutritivni indeksi.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** prof.dr.sc. Zlata Kralik

**Broj stranica:** 54

**Broj grafikona i slika:** 9 grafikona i 6 slika

**Broj tablica:** 13

**Broj literaturnih navoda:** 49

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** perad, kvaliteta jaja, profil masnih kiselina, TBARS, nutritivni indeksi

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof.dr.sc. Zoran Škrtić, predsjednik

2. prof.dr.sc. Zlata Kralik, mentor

3. izv.prof.dr.sc. Danijela Samac, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijek

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Graduate thesis**

**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**

**University Graduate Studies, course Special zootechnics**

### **Physical-chemical indicators of egg quality from different types of poultry**

**Josip Vidović**

**Abstract:** Eggs are nutritionally valuable animal food, and can be used for breeding or consumption. Breeding eggs must be fertilized, unlike consumption eggs. Regardless of whether the egg is for breeding or consumption, its quality can be determined. Egg quality depends on various external and internal indicators. The external indicators are related to the shape and size of the egg, and the quality of the shell, while the internal indicators are related to the quality of the egg white and yolk. The aim of this work was to analyze external and internal indicators of egg quality of different types of poultry (hen, pheasant, quail, turkey, duck and goose). The following quality indicators were analyzed: egg length, egg width, shape index, egg mass, yolk mass, egg white mass, shell mass, shell strength, shell thickness, egg white height, Haugh units, yolk color, yolk height, yolk diameter, yolk index, pH of egg white and pH of yolk. In addition to the above indicators, the profiles of fatty acids and the degree of fat oxidation were analyzed in egg yolks of different types of poultry, and nutritional indices were calculated.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** PhD Zlata Kralik, full professor

**Number of pages:** 54

**Number of figures:** 9 graphs and 6 pictures

**Number of tables:** 13

**Number of references:** 49

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** poultry, egg quality, fatty acid profile, TBARS, nutritional indices

**Thesis defended date:**

**Reviewers:**

1. PhD Zoran Škrtić, full professor – chair member
2. PhD Zlata Kralik, full professor – mentor
3. PhD Danijela Samac, associate professor – member

**Thesis deposited at:** Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek