

# Utjecaj hranidbe kokoši i temperature skladištenja na kvalitetu konzumnih jaja

---

Vendl, Igor

Professional thesis / Završni specijalistički

2020

*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:151:758776>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-25**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Igor Vendl, mag.ing.agr.**

**UTJECAJ HRANIDBE KOKOŠI I TEMPERATURE SKLADIŠTENJA  
NA KVALITETU KONZUMNIH JAJA**

- Specijalistički rad -

Osijek, 2020.

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

**Igor Vendl, mag.ing.agr.**

**UTJECAJ HRANIDBE KOKOŠI I TEMPERATURE SKLADIŠTENJA  
NA KVALITETU KONZUMNIH JAJA**

- Specijalistički rad -

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

**Povjerenstvo za ocjenu:**

**Prof. dr. sc. Zoran Škrtić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek,  
predsjednik**

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

**Izv.prof.dr.sc Dalida Galović, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti  
Osijek, član**

Osijek, 2020.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

### UDK:

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

### Utjecaj hranidbe kokoši i temperature skladištenja na kvalitetu konzumnih jaja

Igor Vendl, mag.ing.agr.

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

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

Cilj ovog istraživanja bilo je povećanje sadržaja omega-3 masnih kiselina u jajima te utvrđivanje utjecaja hranidbe nesilica na kvalitetu jaja čuvanih u različitim uvjetima skladištenja. Hranidbeni dio pokusa je proveden na ukupno 80 nesilica hibridne linije Tetra SL, koje su bile podijeljene u dva hranidbena tretmana: K= komercijalna krmna smjesa za nesilice i O=krmna smjesa dizajniranog sastava-povećan sadržaj omega-3 masnih kiselina. Analiza kemijskih pokazatelja provedena je kroz tri razdoblja svježa jaja, nakon 7 odnosno 14 dana skladištenja na različitim temperaturama (skladištenje u hladnjaku na temperaturi od +4°C i na sobnoj temperaturi od +22°C). Ukupno je analizirano po skupini 150 jaja (ukupno 300) razreda L (63-73 g). Rezultati istraživanja pokazuju da su nesilice obje ispitivane skupine tijekom pokusnog razdoblja snesle podjednak broj jaja (K=1920 kom. i O=1116 kom.) uz dnevnu konzumaciju hrane od 119,6 g (K) i 118,9g (O). Intenzitet nesivosti bio je visok iznosio je 92-93%. Uočeno je da postoji značajna razlika između K i O skupine u masi jaja i njegovih osnovnih dijelova, ovisno o vremenu mjerenja i temperaturi skladištenja. Ta razlika više je izražena kod jaja skladištenih na sobnoj temperaturi. Fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete jaja skladištenih na temperaturi 4°C i 22°C utvrđeni tijekom tri razdoblja mjerenja (1., 7. i 14. dana) pokazuju da hranidbeni tretman statistički značajno utječe na razlike dobivene kod vrijednosti indeksa oblika (%), pH bjelanjaka te kod pokazatelja kvalitete ljuske ( $P<0,05$ ). Utjecaj temperature skladištenja i vremena analize značajno su utjecali na visinu bjelanjka (mm), Houghove jedinice, pH bjelanjka i pH žumanjka, dok je utjecaj vremena skladištenja utvrđen kod vrijednosti boje žumanjka. Utjecaj interakcije svih efekata utvrđen je kod vrijednosti pH bjelanjaka i žumanjaka ( $P<0,001$ ) i te kod vrijednosti čvrstoće ljuske ( $P=0,036$ ). Korišteni hranidbeni tretman utjecao je na sadržaj masnih kiselina u žumanjcima jaja ispitivanih pokusnih skupina (% u sumi masnih kiselina). U žumanjcima jaja K skupine utvrđen je statistički značajno veći sadržaj ukupnih SFA i n-6 PUFA u odnosu na jaja skupine O ( $P<0,05$ ), dok je u žumanjcima skupine O utvrđen statistički značajno veći sadržaj ukupnih n-3 PUFA u odnosu na jaja skupine K ( $P<0,01$ ). Omjer n6 PUFA/ n-3 PUFA bio je povoljniji u jajima O skupine jaja u odnosu na jaja skupine K (2,69: 8,17;  $P<0,01$ ). Vrijednosti oksidacije lipida u žumanjcima jaja ispitivanih skupina nisu se statistički značajno razlikovale ( $P>0,05$ ). Provedeno istraživanje potvrđuje da vrijeme analize i temperatura skladištenja značajno utječu na unutarnje pokazatelje kvalitete jaja, dok hranidbeni tretman ima značajan utjecaj na sadržaj masnih kiselina u žumanjcima jaja ispitivanih pokusnih skupina

<b>Broj stranica:</b>	72
<b>Broj slika:</b>	10
<b>Broj tablica/grafikona:</b>	16/6
<b>Broj literaturnih navoda:</b>	122
<b>Jezik izvornika:</b>	hrvatski

**Ključne riječi:** omega-3, hranidba nesilica, temperatura skladištenja, kvaliteta, oksidacija lipida.

**Datum obrane:**

**Povjerenstvo za obranu:**

prof. dr. sc. Zoran Škrtić – predsjednik

izv. prof. dr. sc. Zlata Kralik – mentor i član

doc. dr. sc. Dalida Galović – član

**Specijalistički rad je pohranjen u:**

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

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek**

**Expert thesis**

**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**

**Postgraduate exper study:**

**Quality and Safety of Animal Products**

**UDK:**

**Scientific Area: Biotechnical Sciences**

**Scientific Field: Agriculture**

**Branch: Animal Science**

**Effect of hen feeding and storage temperature on the quality of table eggs**

**Igor Vendl, mag. ing. agr.**

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

**Supervisor: Phd Zlata Kralik, Associate Professor.**

The aim of this study was to increase the content of omega-3 fatty acids in eggs and to determine the effect of laying hens feeding on the quality of stored eggs in different storage conditions. Feeding part of experiment was performed on total of 80 laying hens Tetra SL hybrid line, which was divided into two fed diets: K = commercial feed for laying hens and O: designed feed, with increased content of omega-3 fatty acids. The analysis of chemical indicators was performed through three periods; fresh eggs, after 7 days or 14 days at storage on different storage temperatures (refrigerated storage +4°C and at room temperature +22°C). In total 150 eggs per groups were analysed (total 300) of class L (63-73 g). The results of the study showed that hens from both investigation groups during experimental period laid the same number of eggs (K = 1920 pcs. and O = 1116 pcs.) with daily feed consumption of 119,6 g (K) and 118 g (O). The laying intensity was 92-93%. It was observed that there was significant difference between K and O group in egg mass and mass of basic parts of the egg, depending on the measurement time and storage temperature. This difference was more significant with eggs stored at room temperature. Physical-chemical indicators of egg quality stored at 4°C and 22°C temperature was determined during three measurement period (1, 7 and 14 days) and showed that feed treatments have statistically significant influence on index value (%), pH albumen and shell quality (P<0,05). Influence of storage temperature and analysis time significantly affected albumen height (mm), Hough unit, albumen pH, yolk pH, while the influence of storage time was determined in the yolk color value. Influence of the interaction effects was determined on pH albumen and yolk (P<0,001) and on the shell thickness (P=0,036). The used feed treatment influenced on fatty acid composition in the egg yolks of experimental groups (% in sum of fatty acid). In egg yolks of K group significantly higher content of total SFA and n-6 PUFA compared to eggs of O group was determined (P<0,05). In the yolks of the O group was determine significantly higher content of total n-3 PUFA compared to group K (P<0,01). The n-6 PUFA/n-3 PUFA ratio was more favorable in eggs of O group compared to the eggs from K group (2.69:8.17; P<0,01). Lipid oxidation values in egg yolks from both investigation groups did not difer (P>0,05). The performed study confirms that the time of analysis and storage temperature significantly influence on internal indicators of egg quality, while feed treatment has a significantly influence on fatty acid composition in the egg yolks of experimental groups.

<b>Number of pages:</b>	72
<b>Number of figures:</b>	10
<b>Number of tables/graphs:</b>	16/6
<b>Number of references:</b>	122

**Original in: croatian**

**Key words:** Omega-3 fatty acids, han diet, storage temperature, quality, lipid oxidation.

**Date of the expert thesis defense:**

**Reviewers:**

**Phd Zoran Škrtić, full professor – president**

**Phd Zlata Kralik, Associate professor – supervisor and member**

**Phd Dalida Galović, Associate professor – member**

**Expert thesis deposited in:**

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

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....	2
2.1. Proizvodnja jaja u svijetu.....	2
2.2. Potrošnja jaja u svijetu.....	5
2.3. Proizvodnja konzumnih jaja .....	5
2.3.1. Pasmine i hibridi za proizvodnju konzumnih jaja.....	6
2.3.2. Držanje kokoši nesilica .....	8
2.3.3. Mikroklimatski čimbenici držanja kokoši nesilica .....	11
2.3.3.1. Temperatura .....	11
2.3.3.2. Vlažnost zraka.....	13
2.3.3.3. Osvjetljenje .....	13
2.3.3.4. Kvaliteta zraka .....	14
2.3.4. Nastambe i oprema u peradarstvu .....	15
2.3.5. Hranidba nesilica .....	16
2.4. Građa i sastav jaja.....	19
2.5. Nutritivna vrijednost jaja .....	20
2.5.1. Jaje kao funkcionalna hrana.....	23
2.6. Kvaliteta jaja.....	24
2.6.1. Pokazatelji kvalitete jaja .....	26
2.6.1.1. Masa jaja .....	27
2.6.1.2. Indeks oblika.....	28
2.6.1.3. Kvaliteta ljuske .....	28
2.6.1.4. pH vrijednost žumanjka i bjelanjka .....	29
2.6.1.5. Haugh jedinice .....	30
2.6.1.6. Boja žumanjka .....	31
<b>3. CILJ RADA</b> .....	33
<b>4. MATERIJALI I METODE RADA</b> .....	34
4.1. Organizacija pokusa i hranidba nesilica .....	34
4.2. Proizvodni pokazatelji nesilica.....	36
4.3. Analiza kvalitete jaja .....	36
4.4. Masne kiseline u hrani i jajima.....	37

4.5. Oksidacija lipida u žumanjcima.....	39
4.6. Statistička analiza .....	40
<b>5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>41</b>
5.1. Proizvodni pokazatelji nesilica .....	41
5.2. Pokazatelji kvalitete jaja .....	42
5.3. Profil masnih kiselina u žumanjcima jaja.....	48
5.4. Oksidacija lipida u žumanjcima jaja.....	49
<b>6. RASPRAVA .....</b>	<b>51</b>
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>58</b>
<b>8. LITERATURA .....</b>	<b>60</b>
<b>9. SAŽETAK.....</b>	<b>70</b>
<b>10. SUMMARY .....</b>	<b>71</b>
<b>11. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>72</b>

## 1. UVOD

U ukupnoj poljoprivrednoj proizvodnji u Republici Hrvatskoj zastupljenost peradarske proizvodnje u 2018. godini iznosila je 6,5%, što je u otkupnoj protuvrijednosti iznosilo 474 milijuna kuna. Značaj peradarske proizvodnje očituje se kroz konstantnu opskrbu konzumenata kvalitetnim prehrambenim proizvodima kao što su meso i jaja. Prema Kralik i sur. (2012.) pod peradarskom proizvodnjom podrazumijeva se uzgoj i držanje rasplodnih nesilica hibrida lakih pasmina, uzgoj pilenki za proizvodnju konzumnih jaja, uzgoj i držanje nesilica hibrida teških pasmina, proizvodnju jednodnevnog podmlatka, tov pilića, purića, pačića i guščića, kao i klaonica peradi.

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku brojno stanje peradi u Republici Hrvatskoj u 2018. godini iznosilo je ukupno 11.413 milijuna kljunova, što je u odnosu na 2017. godinu porast za 9,8%. Od ukupnog broja peradi uzgajalo se 7.525 milijuna tovnih pilića (brojlera), 2.796 milijuna kokoši, ostale kokoši (pilence i pijetlovi) 560 milijuna, 442 tisuće pura, 16.000 tisuća gusaka, 56.000 tisuća pataka i 18.000 tisuća ostale peradi. U 2018. u odnosu na 2017. godinu zabilježen je pad neto zaklane peradi u iznosu od 3,6% (2 900 t) i broja peradi za oko 837 700 komada (1,8%).

Proizvodnja konzumnih jaja u 2018. u Republici Hrvatskoj u odnosu na ukupnu poljoprivrednu proizvodnju iznosila je 4,1%, što je u otkupnoj protuvrijednosti iznosilo 301 milijun kuna. Unatoč činjenicama da je jaje visoko kvalitetna namirnica bogata proteinima, esencijalnim aminokiselinama kao i vitaminima, u 2018. godini proizvedeno je 589 milijuna komada konzumnih jaja što je u odnosu na 2017. pad proizvodnje za 9,9%. Također u 2018. godini zabilježen je pad cijena peradi za 1,0%, a konzumnih jaja za 6,3%. U prvom tromjesečju 2019. godine cijene peradi su niže za 0,3% u usporedbi s istim tromjesečjem 2018. godine, dok je cijena konzumnih jaja niža za 13,0%.

Cilj ovog rada je posebno dizajniranom smjesom za nesilice povećati sadržaj omega-3 u jajima jedne skupine nesilica te utvrditi utjecaj hranidbe nesilica na kvalitetu jaja čuvanih u različitim uvjetima skladištenja kroz različiti vremenski period.



## 2. PREGLED LITERATURE

Posljednja dva desetljeća intenzivno se proučava utjecaj masnih kiselina iz hrane na povećani rizik od kardiovaskularnih bolesti kod ljudi. Glavni je razlog upravo to što su kardiovaskularne bolesti u razvijenim zemljama uzrok 50% svih smrtnih slučajeva (Zyriax i Windler, 2000.). S obzirom da je proizvodnja i potrošnja jaja u Svijetu zadovoljavajuća, jer je jaje namirnica koju ljudi konzumiraju u svakodnevnim obrocima, vrlo je poželjno inovacijama plasirati novi peradarski proizvod na trgovačke police. Zato je proizvodnja jaja kao funkcionalne namirnice za proizvođače konzumnih jaja veliki izazov. Međutim, jaja koja su obogaćena recimo omega-3 masnim kiselinama podložnija su bržoj oksidaciji masti i proteina, osobito ako uvjeti skladištenja jaja nisu zadovoljavajući. Stoga je vrlo opravdano osim baviti se obogaćivanjem jaja različitim nutricinima, proučiti utjecaj uvjeta skladištenja jaja na njihovu kvalitetu.

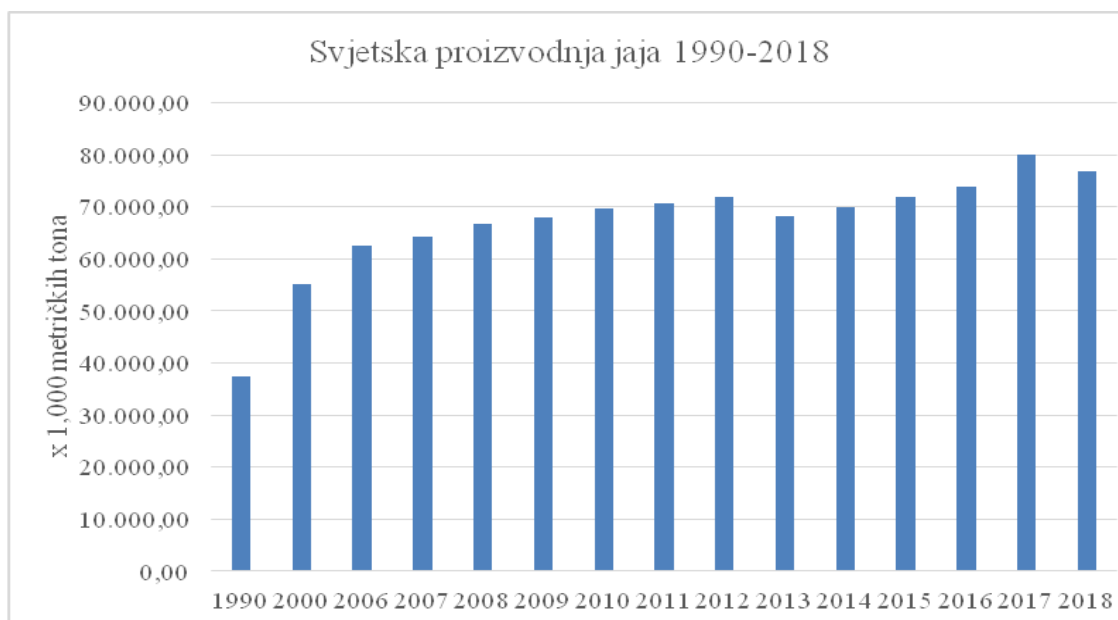
### 2.1. Proizvodnja jaja u svijetu

U posljednjih dvadeset godina proizvodnja konzumnih jaja u svijetu pokazuje snažan razvoj, i uz proizvodnju mesa peradi bilježi najveći rast u pogledu podmirivanja potreba za proteinima u svjetskoj populaciji (Magdelain, 2011.).

Prema FAO podacima iz 2008. godine svjetska proizvodnja jaja iznosila je ukupno 60 miliona tona, od čega je Kina sa svojom proizvodnjom od 21,8 miliona tona bila daleko ispred svih i ostvarivala 37% udjela ukupne svjetske proizvodnje jaja. Europska unija zauzimala je drugo mjesto u svijetu s ukupnom proizvodnjom jaja od 6.4 miliona tona, dok su Sjedinjene Američke Države sa svojom proizvodnjom od 5.3 miliona tona bile na trećem mjestu u ukupnoj svjetskoj proizvodnji jaja u 2008. godini.

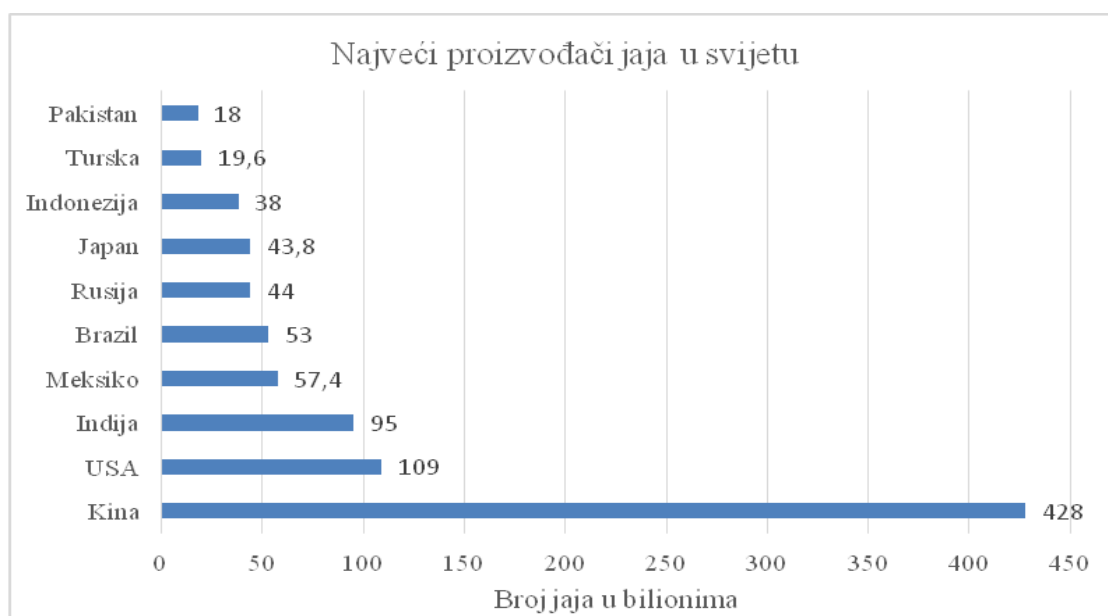
Svjetska proizvodnja jaja u 2016. godini nastavlja trend rasta i razvoja i prema FAO (2018.) podacima putem Poultry trends iznosila je približno 74 miliona tona, što iznosi 18% povećanje u odnosu na period od zadnjih deset godina. Prema tim podacima Kina, USA i Indija ostaju vodeće zemlje u svjetskoj proizvodnji jaja.

Trenutno prema FAO (2019.) podacima putem Poultry trends svjetska proizvodnja jaja dosegla je 80 miliona tona što u zadnjih deset godina iznosi povećanje svjetske proizvodnje od oko 25%. Proizvodnja jaja u 2018. u odnosu na 2017. godinu bilježi pad proizvodnje od 3.4 tone, dok za period od 1990. do 2018. godine proizvodnja jaja bilježi porast od 100% (Statista.com).



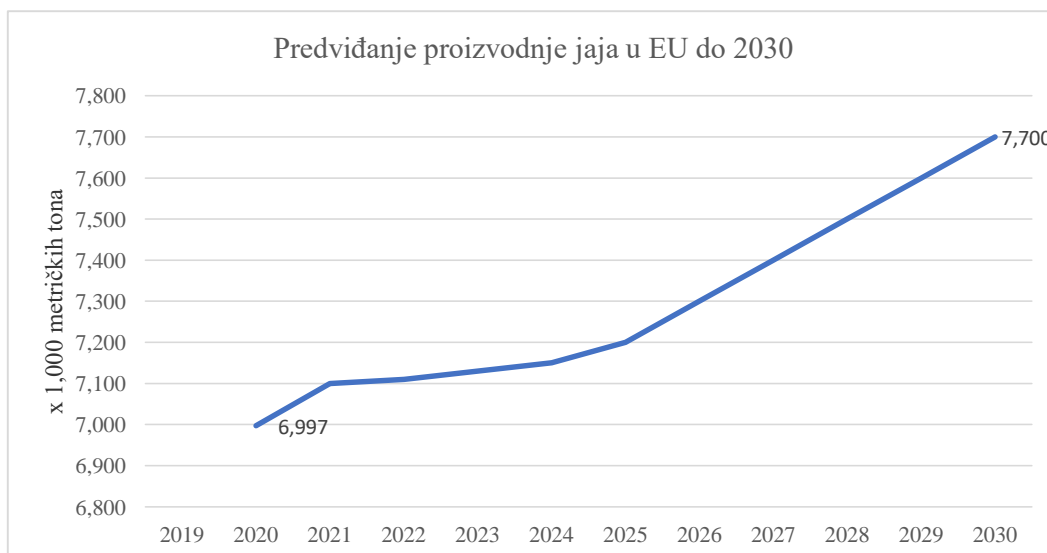
Grafikon 1. Svjetska proizvodnja jaja (Izvor: Statista.com)

Kina u 2018. godini (grafikon 2.) zadržava vodeće mjesto u proizvodnji jaja, sa oko 428 biliona jaja, slijedi USA, India Meksiko i Brazil (Statista.com).



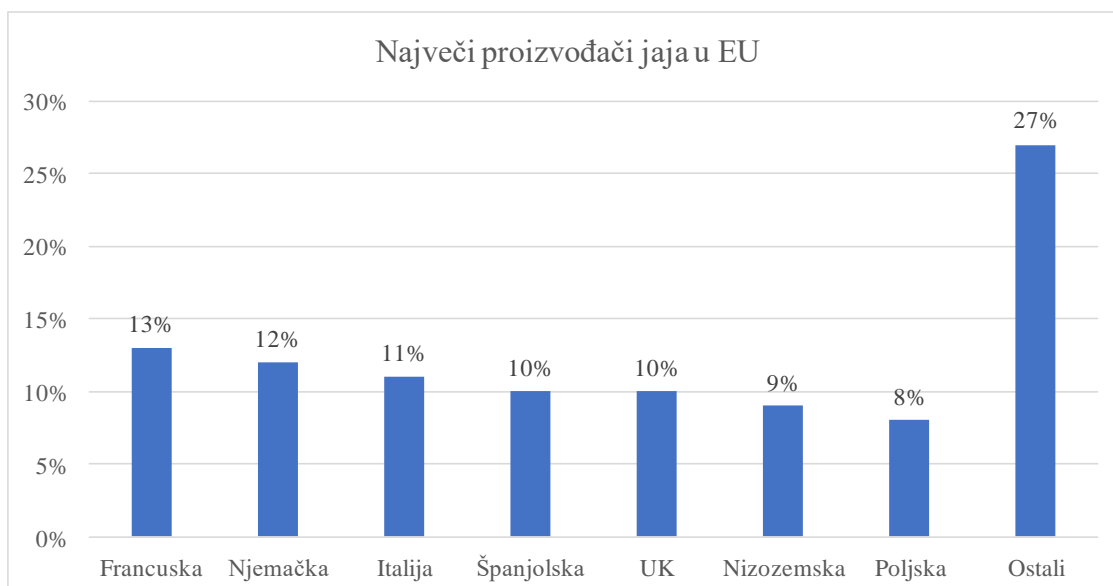
Grafikon 2. Najveći proizvođači jaja u svijetu (Izvor: Statista.com).

Prema podacima Europske komisije (EU Agricultural outlook 2019-2030.) grafikon 3. proizvodnja jaja u EU u 2019. godini iznosila je 6.9 miliona tona i prema dugoročnim predviđanjima u 2030. godini iznositi će 7.7 miliona tona.



Grafikon 3. Predviđanje proizvodnje jaja u EU (Izvor: Poultry trends 2019.)

EU sa otprilike 400 miliona kokoši nesilica i godišnjem proizvodnjom od 7.5 miliona tona, od kojih su 10% jaja za valionice, ima samoodrživu proizvodnju od 105 % (Augère-Granier, 2019.). Većina proizvodnje jaja u EU dolazi od sedam članica, grafikon 4.



Grafikon 4. Najveći proizvođači jaja u EU (Izvor: EPRS 2019.).

## 2.2. Potrošnja jaja u svijetu

Kokošje jaje je vrlo jednostavna namirnica, lako dostupna, cijenom prihvatljiva svim kategorijama potrošača i izvrstan izvor osnovnih bjelančevina visoke biološke vrijednosti, vitamina i mineralnih tvari. Prije je vladalo uvrijeđeno mišljenje da su jaja štetna, zbog svoje razine kolesterola i kao takva su bila zanemarivana u ljudskoj prehrani. U današnje vrijeme razvojem znanosti o prehrani dokazano je da na ukupni kolesterol u ljudskom organizmu utječu mnogi čimbenici, a ne samo kolesterol iz jaja (Kralik i Lovreković, 2018.).

Svjetska potrošnja jaja po stanovniku nastavlja rast, kako u zemljama u razvoju tako i u razvijenim zemljama. Prema međunarodnoj komisiji za jaja zemlje sa najvećom potrošnjom jaja po stanovniku na godišnjoj bazi su Meksiko 352, Japan 329, USA 260, Kina 254 i EU 205 (International Egg Commission, Annual reivew, 2015.).

## 2.3. Proizvodnja konzumnih jaja

Od 1960-ih godina pa nadalje peradarska proizvodnja u Republici Hrvatskoj usmjerena je na industrijski način proizvodnje (Kralj, 2005.). Danas u Republici Hrvatskoj proizvodnja jaja najvećim je dijelom organizirana na peradarskim farmama različitih proizvodnih kapaciteta koji u svojoj proizvodnji koriste genetski potencijal peradi koji omogućava visoku proizvodnju (Kralik i sur., 2014.). Takva intenzivna proizvodnja jaja pokriva 70% tržišnih potreba, a oko 30% proizvedenih jaja je iz ekstenzivne proizvodnje, koja je organizirana na manjim proizvodnim jedinicama ili čak kućanstvima (Tolušić, 2011.). Ekstenzivna proizvodnja jaja u Republici Hrvatskoj gubi na važnosti u ukupnoj proizvodnji jaja (Kralj, 2005.).

Da bi se proizvodnja jaja održala na visokoj razini i iskoristio genetski potencijal hibrida kokoši koji se koriste u proizvodnji jaja, potrebno je odgovarajućim zootehničkim mjerama osigurati najbolje proizvodne uvjete. Maksimum u proizvodnji jaja (95%) postiže se već pri dobi nesilica od 2. mjeseca i taj nivo proizvodnje se održava tijekom 3. mjeseca proizvodnje (Kralik i sur., 2008,a). Osnovni cilj proizvodnje konzumnih jaja je osiguranje dovoljne količine jaja tijekom cijele godine i zadovoljenje potrebe potrošača (Nemanič i Berić, 1995.).

### 2.3.1. Pasmine i hibridi za proizvodnju konzumnih jaja

Domaća kokoš svoje porijeklo vodi iz jugoistočne Azije, odakle je putem trgovačkih brodova prenesena u ostatak svijeta. Izvorno potječe od četiri oblika divlje kokoši:

- Gallus sonnerati
- Gallus ferrugineus
- Gallus varius
- Gallus bankiva

Prevladava mišljenje da je domaća kokoš nastala od divlje kokoši bankiva, koja i danas živi na području istočne Indije, Burme, na Tajlandu i na nekim otocima Tihog oceana. Domestikacija domaće kokoši počela je dosta kasno, u odnosu na ostale domaće životinje ovce, svinje i goveda koje su bile primarni izvor hrane. Kokoši su prvenstveno domesticirane zbog religioznih, kulturoloških razloga ili kao kućni ljubimci (Kralik i sur., 2008,a). Točno vrijeme domestikacije divlje kokoši nije utvrđeno, ali se na osnovi arheoloških nalaza zna da je na području Kine i sjeverne Indije bila udomaćena prije 3000 – 3500 godina. Sa tih područja je prenesena u Evropu tek prije oko 800 – 400 godina prije Krista (Senčić, 2011.).

Tek krajem 19. stoljeća raste interes za domesticiranu perad, križanje i uzgoj novih pasmina. U to vrijeme procesima križanja nastaje većina pasmina kokoši koje i danas uz različite hibride, dominiraju u peradarskoj proizvodnji (Kralik i sur., 2008,a). U današnje vrijeme sve poznate pasmine kokoši se dijele na pet osnovnih skupina: ukrasne pasmine, pasmine za borbu, teške pasmine, kombinirane pasmine i lake pasmine.

Za proizvodnju konzumnih jaja koriste se pasmine lakih nesilica. Njihova glavna obilježja su relativno mala masa i visoka proizvodnja jaja. Tjelesna masa pijetlova je 2,7 do 3,6 kg, dok se tjelesna masa ženki kreće u rasponu od 1,8 do 2 kg. Nesivost ovih pasmina kreće se od 180 do 230 jaja godišnje (Kralik i sur., 2008.a). Lake pasmine odlikuje velika krijesta i podbradak, te vrlo živahan temperament. Ranozrele su i prone su u dobi od 4,5 mjeseca. Odlikuju se godišnjom nesivosti od 180 do 200 jaja. Meso im je slabije kvalitete, uz iznimku mesa mladih grla (Senčić, 2011.). Ukoliko se lake pasmine drže radi proizvodnje konzumnih jaja, tada se uzgajaju samo ženke, jer za ovu namjenu proizvodnje ne zahtijevaju se oplođena jaja.

U tom slučaju proizvodnje, uklanjaju se muški pilići jer su sitne građe tijela i loše kvalitete mesa i ne mogu se koristiti u tovu (Kralik i sur., 2008,a). Najznačajniji predstavnici ove lakih pasmina su: Leghorn, Talijanska kokoš, Minorka, Andaluzijska kokoš i Hamburška kokoš. Od lakih pasmina kokoši, Leghorn je najpoznatija pasmina za proizvodnju jaja, na

kojoj se temelji današnja proizvodnja hibridnih nesilica (Senčić, 2011.). U današnjoj intenzivnoj peradarskoj proizvodnji uglavnom se koriste četverolinijski hibridi.

U stvaranju četverolinijskih hibrida koriste se čiste linije. Pod čistom linijom podrazumijevamo potomke jednog istaknutog mužjaka koji se karakterizira izuzetnim proizvodnim i eksterijernim osobinama i te svoje osobine sigurno prenosi na potomke (Kralik i sur., 2008,a). Međusobnim parenjem čistih linija dobivamo potomstvo koje ima visoku proizvodnu vrijednost s izraženim heterozis učinkom. Dobiva se perad bržeg rasta, ranijeg spolnog sazrijevanja, boljeg iskorištavanja hrane, povećana nesivost i količina jaja (Jožef i sur., 1995.). Učinak linijskog uzgoja ogleda se u povećanju ujednačenosti jedne ili više dobrih proizvodnih osobina: brže operjavanje, ranozrelost grla, bolja otpornost, veći broj jaja u proizvodnom ciklusu, krupnija jaja i slično (Kralik i sur., 2008,a).

Takvi dobiveni linijski hibridi se koriste za proizvodnju mesa i jaja samo u prvoj (F-1) generaciji. Ako bi ovakve hibride koristili za daljnju reprodukciju, došlo bi do raslojavanja gena, izostanak heterozis učinka i bitno umanjeње proizvodne sposobnosti (Jožef i sur., 1995.). Križanjem čistih linija dobiva se djedovska generacija za proizvodnju rasplodnih jaja roditeljske generacije.

Hibridi za proizvodnju jaja dijele se na osnovu obojenosti ljuske jajeta. Tako razlikujemo hibride sa bijelom bojom ljuske od hibrida sa smeđom bojom. Hibridne linije kokoši za proizvodnju jaja s bijelom ljuskom jajeta nastale su od linija stvorenih unutar pasmine Leghorn. To su po konstituciji, lake nesilice čija je tjelesna masa nešto manja od hibrida koji nesu jaja sa smeđom ljuskom. Živahnog su temperamenta i podnose uvjete držanja na otvorenom i u kaveznom sustavu (Senčić, 2011.). Najpoznatiji predstavnici hibrida iz ove skupine su: Hysex White, Lohmann White, ISA White, Dekalb White, Shaver White, Babcook White i Hy Line W i drugi (Kralik i sur., 2008,a).

Godišnji proizvodni ciklus bijelih hibridnih nesilica je 310 – 320 jaja, koja su prosječne mase 62 – 63 g. Ukupno u godini dana ove nesilice izluče iz organizma 19 – 20 kg jajne mase, uz dnevnu potrošnju hrane od 105 – 115 g. Konverzija hrane u jajnu masu je 2,0 – 2,2 kg/kg (Kralik i sur., 2008,a).

Hibridi za proizvodnju jaja sa smeđom ljuskom, za kojima je veća potražnja nastali su od linija srednje teških pasmina kao što su: Rhode Island, New Hampshire, Plymouth Rock i Australorp, međutim ponekad se pri njihovom stvaranju koriste i geni lakih pasmina (Minorka i Leghorn), čime se povećava njihova nesivost, smanjuje tjelesna masa te potrošnja hrane po

jajetu (Senčić, 2011.). Najpoznatiji hibridi za proizvodnju jaja smeđe boje ljuske su: Lohmann Brown, Hysex Brown, Dekalb Brown, ISA Brown, Hy Line B i dr. (Kralik i sur., 2008,a).

Smeđe hibridne nesilice tijekom godine dana snesu u prosjeku 290 – 320 jaja. Masa jaja kreće se od 62 – 63 g, izlučena jajna masa je oko 20,01 kg, dok se prosječna dnevna konzumacija hrane kreće oko 110 – 112 g hrane po nesilici (Kralik i sur., 2008,a).

### 2.3.2. Držanje kokoši nesilica

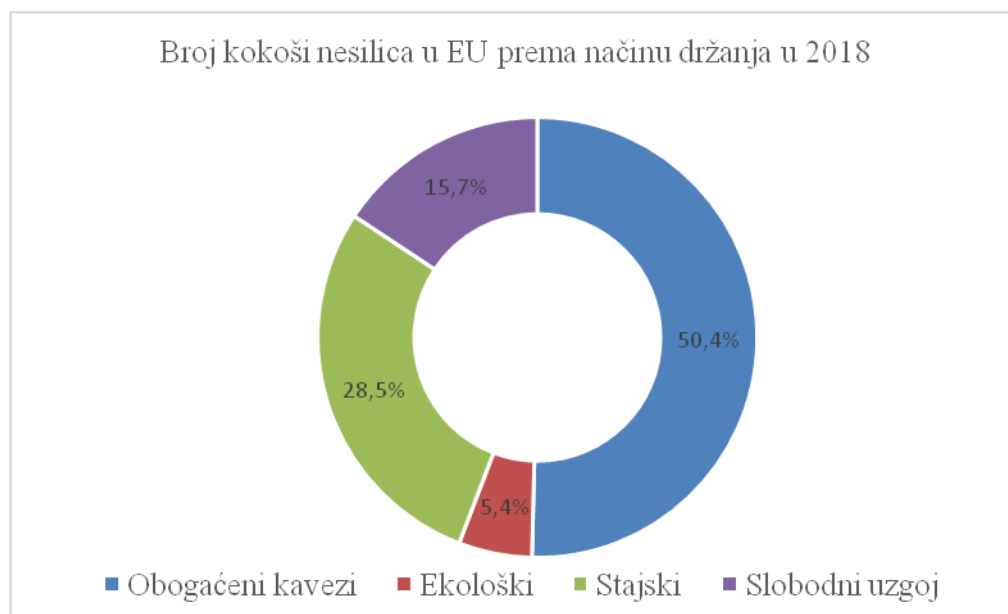
Uzgoj i držanje kokoši nesilica za proizvodnju konzumnih jaja u Republici Hrvatskoj do 2012. godine bio je pretežno kavezni (Senčić, 2017.). Prema podacima Ministarstva poljoprivrede (Uprava za veterinarstvo i sigurnost hrane) u Republici Hrvatskoj u 2019. godini (siječanj) bilo je registrirano ukupno 2.049 793 nesilica. Od toga 67 farmi sa ukupno 1.417 454 nesilica imalo je kavezni sistem uzgoja, 71 farma (46 917 nesilica) imala je slobodni uzgoj, 46 farmi (584 473 nesilica) imalo je stajski uzgoj i svega 3 farme (949 nesilica) imalo je ekološki sistem uzgoja.

Od 1. siječnja 2012. godine u Republici Hrvatskoj zabranjena je uporaba klasičnih kaveza za držanje kokoši nesilica za proizvodnju konzumnih jaja, zabrana je propisana direktivom EU 1999/74/EC. Najkasnije godinu dana nakon pristupanja Republike Hrvatske u EU, svi dosadašnji proizvođači i oni koji su imali namjeru započeti se baviti proizvodnjom konzumnih jaja, morali su prilagoditi svoje sisteme držanja ili započeti novu proizvodnju sukladno dopuštenim sistemima držanja kokoši nesilica za proizvodnju konzumnih jaja. Prema navedenoj direktivi proizvodnja konzumnih jaja može se odvijati u obogaćenim kavezima i u alternativnim sustavima (slobodni, stajski i ekološki; (Senčić, 2017.).

Prema podacima Europske komisije (EU Agricultural outlook 2019-2030.) putem Poultry trends 2019. grafikom 5. vidljivo je da se u EU kokoši nesilice drže u obogaćenim kavezima i njihova zastupljenost u takvoj proizvodnji je veća od 50 %.

Ulaskom Republike Hrvatske u EU došlo je do implementacije spomenute direktive EU u zakonodavstvo Republike Hrvatske kroz slijedeće zakone i pravilnike, kojima se definiraju uvjeti držanja kokoši nesilica:

- Zakon o zaštiti životinja (N.N. 135/06 i 37/13)
- Pravilnik o minimalnim uvjetima za zaštitu kokoši nesilica (N.N. 77/10, 99/10 i 51/11)
- Pravilnik o zaštiti životinja koje se uzgajaju u svrhu proizvodnje (N.N. 44/10)
- Pravilnik o registraciji gospodarstva na kojima se drže kokoši nesilice (N.N. 113/10, 05/13 i 36/13).



Grafikon 5. Zastupljenost u ukupnoj (%) proizvodnji kokoši nesilica u EU  
(Izvor: Poultry trends 2019.)

Prema Pravilniku o minimalnim uvjetima za zaštitu kokoši nesilica (N.N. 77/10, 99/19 i 51/11) svi obogaćeni kavezi moraju ispunjavati slijedeće uvjete:

- najmanje 750 cm<sup>2</sup> površine kaveza po kokoši, od čega 600 cm<sup>2</sup> korisne površine
- visina kaveza osim visine nad korisnom površinom mora biti najmanje 20 cm na svakoj točki
- ukupna površina kaveza ne smije biti manja od 2000 cm<sup>2</sup>
- svaki kavez mora imati prečku za sjedenje najmanje 15 cm dužine, gnijezdo za nesenje jaja koje je odijeljeno visećim trakama, stelju koja omogućuje kljucanje i čeprkanje
- hranilicu od najmanje 12 cm dužine po nesilici, najmanje 2 kapljične pojilice ili šalice za napajanje
- mjesto za brušenje kandži i kljuna.

Prema navedenim podacima od Ministarstva poljoprivrede, alternativni sustavi proizvodnje konzumnih jaja u Republici Hrvatskoj zastupljeni su sa manje od 50% ukupne proizvodnje jaja. Alternativni način držanja kokoši nesilica, podrazumijeva proizvodnju kokošnjih jaja na sve druge načine samo ne u kavezima (Uremović i sur., 2002.). Alternativni sustavi proizvodnje jaja, omogućavaju nesilicama prirodnije uvjete držanja i veću dobrobit, gdje su stresna stanja, patnja, bol i strah svedeni na najmanju mjeru, te su tako zadovoljene njihove osnovne etološke i ekološke potrebe (Senčić, 2017.). Alternativni sustavi proizvodnje jaja još su uvijek malo zastupljeni u svijetu sa samo 0,9%, a u Europi 4,8% (Vučemilo



2008.a). Uzroci tako maloj zastupljenosti alternativnih sustava proizvodnje, se očituju kroz nedostatke u proizvodnji, veća cijena nastambe, utrošak hrane, niža proizvodnja, održavanje higijene, veća je mogućnost kljucanja perja i kanibalizma; otežani su uvjeti održavanja optimalne mikroklimе (Vučemilo, 2008.a). Troškovi proizvodnje jaja u alternativnim sustavima u odnosu na one u kavezima, mogu biti povećani od 8% do 59% (Senčić, 2017.).

Prema Pravilniku o minimalnim uvjetima za zaštitu kokoši nesilica (N.N. 77/10, 99/19 i 51/11), za proizvodnju jaja u alternativnim sustavima svaka kokoš mora imati slijedeće uvjete:

- najmanje 10 cm prostora za hranjenje kod ravnih hranilica ili najmanje 4 cm prostora za hranjenje po jednoj kokoši kod okruglih hranilica
- najmanje 2,5 cm prostora za piće kod ravnih pojilica ili najmanje 1 cm prostora za piće kod okruglih pojilica
- kod napajanja kapljičnim pojilicama ili šalicama za napajanje mora biti najmanje jedna pojilica ili šalica za napajanje na 10 kokoši
- ako su mjesta za napajanje opskrbljena fiksno postavljenim pojilicama, tada se u dometu svake kokoši moraju nalaziti barem po dvije šalice za napajanje ili dvije kapljične pojilice
- najmanje jedno gnijezdo na sedam kokoši
- ako se koriste zajednička gnijezda, mora biti osigurano najmanje 1 m<sup>2</sup> površine gnijezda za najviše 120 kokoši
- najmanje 15 cm dužine odgovarajuće prečke (bez oštih rubova) po jednoj kokoši
- prečke ne smiju biti postavljene iznad stelje, a vodoravna udaljenost među pojedinim prečkama mora iznositi najmanje 30 cm dok između prečki i zida mora iznositi najmanje 20 cm
- najmanje 250 cm<sup>2</sup> površine sa steljom po kokoši, pri čemu stelja mora pokrivati najmanje jednu trećinu podne površine
- kod sustava uzgoja pri kojem se kokoši nesilice mogu slobodno kretati među pojedinačnim etažama, ne smije biti više od četiri etaže, visina među pojedinim etažama mora biti najmanje 45 cm, pojilice i hranilice moraju biti raspoređene tako da su jednako dostupne svim kokošima, etaže moraju biti uređene tako da se spriječi padanje fecesa na donje etaže
- kod sustava uzgoja pri kojem kokoši nesilice imaju uređen ispust, mora biti osigurano više otvora za neposredan izlazak u ispust, visokih najmanje 35 cm i širokih najmanje

40 cm te razmještenih po cijeloj dužini objekta, na skupinu od 1.000 kokoši zajednički otvor mora iznositi najmanje 2 m, ispusti moraju imati površinu primjerenu gustoći naseljenosti i prirodi terena da bi se spriječilo bilo kakvo zagađenje, sklonište od nepovoljnih vremenskih uvjeta i grabežljivaca, te ako je potrebno, odgovarajuće pojilice duž ispusta, gustoća naseljenosti ne smije biti veća od devet kokoši nesilica po m<sup>2</sup> korisne površine.

### **2.3.3. Mikroklimatski čimbenici držanja kokoši nesilica**

Genetski potencijal peradi se ne može ispoljiti bez optimalnih uvjeta držanja. Povoljni uvjeti držanja doprinose boljoj proizvodnji, dok lošiji uvjeti u proizvodnji osim što utječu na zdravlje peradi, doprinose i smanjenoj proizvodnosti peradi (Senčić, 2011.). Sigurnu i profitabilnu proizvodnju jaja omogućavaju mikroklimatski čimbenici kao što su: temperatura, vlažnost, brzina, strujanje i onečišćenje zraka, te osvjetljenje (HPA, 2009.)

#### **2.3.3.1. Temperatura**

Perad spada u homoeotermne organizme, tj. one koji imaju stalnu tjelesnu temperaturu koja nije u ovisnosti od vanjske. U prosjeku tjelesna temperatura kokoši kreće se od 40,05 do 42 °C (Senčić, 2011.). U provedenim istraživanjima kao optimalna temperatura zraka držanja kokoši nesilica navode se razni temperaturni odnosi, 15 do 20 °C (Kralik i sur., 2008.), 18 do 22 °C (HPA, 2009.), 15 do 25 °C (Nemanič i Berić, 1995.) i 21 do 24°C (Mikec, 1999.). Pod optimalnom temperaturom smatra se zona komfora u kojem perad ima najbolju proizvodnost i vitalnost (Mikec, 1999.).

Zbog svoje visoke tjelesne temperature, nedostatka znojnih žlijezda i pokrivenosti tijela perjem, perad teže podnosi visoke od niskih temperature (Senčić, 2011.). Porastom vanjske temperature do 28°C, perad bez većih poteškoća odaje svoju tjelesnu temperaturu putem dišnih organa (Nemanič i Berić, 1995.), dok kod povećanja vanjske temperature više od 35 °C nesivost kokoši prestaje (Senčić, 2011.). Odavanje topline putem disanja, se provodi na način da perad povećava broj udisaja (dahće) i na taj način povećava si strujanje zraka kroz dobro prokrvavljenu sluznicu pluća, a time se povećava i mogućnost odavanja veće količine topline iz organizma (Mikec, 1999.).

Tablica 1. Proizvodnost nesilica držanih na stalno povišenoj temperaturi okoliša tijekom 13 tjedana (Mikec, 1999.)

Temperatura (°C)	18-20	26-31
Broj jaja po nesilici (kom.)	67,2	56,5
Utrošak hrane po jajetu (g)	141,8	131,7
Dnevno hrane po nesilici	120,0	93,0
Prosječna masa jaja (g)	59,3	53,7
Udio ljuske u jajetu (%)	13,42	12,72
Udio bjelanjka (%)	61,37	61,34
Udio žumanjka (%)	25,21	25,94

Jačina dahtanja ovisi o temperaturi, vlazi i strujanju zraka u okolišu (Nemanič i Berić, 1995.). Povećanjem vanjske temperature zraka na 40°C uz relativnu vlažnost zraka od 70% dolazi do brzog uginuća peradi, dok uz istu temperaturu i relativnu vlažnost zraka od 35% preživljavanje nije upitno (Mikec, 1999.). Prema Mikecu (1992.) najbolja konverzija hrane u jaje je pri temperaturi okoliša od 24 do 27 °C. Temperaturu u peradarniku treba prilagođavati dobi pilenki, a nagle promjene temperature nisu poželjne (Kralik i sur., 2008,a). Padom temperature zraka u okolišu perad svoju tjelesnu temperaturu zadržava rastresitim perjem i pojačanom probavom (Nemanič i Berić 1995.). Pri nižim temperaturama, povećava se utrošak hrane zbog većih uzdržanih potreba (Senčić, 2011.)

Tablica 2. Utjecaj temperature okoliša na proizvodnost nesilica (Mikec, 1999.)

Temperatura okoliša (°C)	Proizvodnost promjena (%)	Težina jaja promjena (%)	Hrane za jaja promjena (%)
16	100	100	100
18	100	100	95
21	100	100	91
24	100	99	88
27	99-100	96	86
29	97-100	93	85
31	94-100	86	84

Kokoši se mogu prilagoditi povišenoj temperaturi okoliša, ali ne u potpunosti već samo do određene granice. Prilagodba je u zavisnosti od količine vlage u zraku i kvaliteti hranidbenog obroka (Mikec, 1999.).

### **2.3.3.2. Vlažnost zraka**

Pod pojmom vlažnost zraka podrazumijeva se ukupna količina vodene pare koju sadrži zrak (Nemanič i Berić, 1995.) i u ovisnosti je o temperaturi, strujanju zraka te atmosferskom tlaku. Optimalna relativna vlažnost zraka u peradnjacima za nesilice je od 60 do 70 % Kralik i sur. (2008.a). Vlaga u zraku nastambi potječe od pojilica, prolivene vode, vanjskog zraka koji dolazi putem ventilacije, iz gnoja te iz isparavanja površine tijela životinja, kao i iz izdahnutog zraka (dahtanjem).

Nemanič i Berić (1995.) u svom istraživanju navode da perad disanjem izluči 3,2 do 4,1 g/kg vodene pare tijekom jednog sata te oko 85 g fecesa po kilogramu tjelesne mase dnevno, od čega je 75 do 76% vlage, ili u prosjeku 65% vode koja isparava. Niska i visoka relativna vlažnost zraka nepovoljno utječu na zdravlje i proizvodnost peradi. Visoka vlaga zraka sa visokim vanjskim temperaturama pogoduje razvoju pojedinih bolesti, osobito kokcidioze (Senčić, 2011.). Pri takvim uvjetima nesilice nesu manje jaja i sa tanjom ljuskom (Nemanič i Berić, 1995.).

Mikroklimatski pokazatelji vlage zraka i temperature nastambe, utječu na termalnu udobnost životinja kao i na koncentraciju prašine u zraku. Ukoliko vlaga zraka padne ispod 50% dolazi do veće proizvodnje prašine, koja rezultira povećanjem broja mikroorganizama u zraku, koji posljedično mogu izazvati respiratorna oboljenja (Vučemilo, 2007,a). Presuh zrak, ispod 30% relativne vlage dovodi do dehidracije peradi, koja postaje mlitava, nemirna i može dovesti do kanibalizma (Nemanič i Berić, 1995.).

### **2.3.3.3. Osvjetljenje**

Svjetlo predstavlja jedan od značajnih čimbenika koji utječe na ponašanje, proizvodnju jaja i zdravlje kokoši nesilica, stoga se umjetno osvjetljenje kroz režim trajanja svjetlosti i njegov intenzitet u modernoj peradarskoj proizvodnji koristi za povećanje proizvodne sposobnosti kokoši nesilica (Svobodova, 2015.). Pod svjetlosnim režimom podrazumijevamo duljinu i jačinu svjetla u 24 satnom ciklusu tijekom perioda uzgoja, unutar prostora u kojem se nalaze pilenke (HPA, 2009.).

Tablica 3. Preporučeni svjetlosni režim tijekom proizvodnje jaja (Nemanić i Berić, 1995.)

Dob u tjednima	Sati dnevnog svjetla	Intenzitet	
		W/m <sup>2</sup>	luks
16-17	9	3	20-30
17-18	10	3	20-30
18-19	11	3	20-30
19-20	12	3	20-30
20-21	12,5	3	20-30
21-26	povećanje za 0,5 sati/tjedno	3	20-30
26 i više	15	3	20-30

Utjecaj svjetla na nesilice provodi se podražajem preko oka, gdje nastaju živčani impulsi koji se šalju u mozak, koji zatim koordinira podražaje koji djeluju na hipofizu u vidu lučenja hormona potrebnih za ovulaciju, a time i stvaranjem jajeta (Svobodova, 2015.). Regulacijom dužine svjetlosnog dana, održavanjem konstantne duljine ili njegovim skraćivanjem koči se prerano spolno sazrijevanje pilenki, a produljenjem svjetlosnog dana stimulira se proizvodnja jaja kod nesilica (Kralik i sur., 2008.).

Osnove svakog režima svjetlosti su: ukupan broj sati svijetla i mraka kroz 24 sata, način raspodjele ciklusa svjetla i mraka kroz 24 sata, valna duljina koja određuje boju svjetla i intenzitet osvjetljenja.

#### 2.3.3.4. Kvaliteta zraka

Kvalitetu zraka određuje složena varijabla zračnih komponenti kao što su mikroorganizmi, prašina, plinovi, endotoksini i dr. (Vučemilo, 2007,a). Sastav zraka u nastambama za proizvodnju konzumnih jaja trebao bi biti što sličniji vanjskom atmosferskom zraku, kako bi perad bila opskrbljena dovoljnom količinom kisika (Senčić, 2011.). Loša kvaliteta zraka utječe na zdravlje i dobrobit peradi, i predstavlja rizik zagađenja vanjskog okoliša. Koncentracija štetnih tvari u zraku ovisi o gustoći naseljenosti, dobi životinja, aktivnosti životinja, načinu hranidbe, kvaliteti stelje i sustavu prozračivanja (Vučemilo, 2007,a).

Glavni izvori onečišćenja zraka u peradnjaku su različiti mikroorganizmi, štetni plinovi, prašina, endotoksini i neugodni mirisi. U peradarskoj proizvodnji je zabilježena najveća koncentracija mikroorganizama u zraku u odnosu na ostale vrste životinja (Vučemilo,

2007,b). Količina i sastav zagađivača u međusobnoj je ovisnosti o samom načinu uzgoja peradi, vrsti hrane, načinu uklanjanja fekalne tvari i dr. Bitan čimbenik za njihovu rasprostranjenost i uklanjanje iz nastambe ima stupanj ventilacije. Kvalitetnom ventilacijom učinkovito se uklanja onečišćeni zrak iz objekta, kao i doprema svježeg zraka u objekt (Vučemilo, 2007,b). Osnovna uloga ventilacije je uklanjanje suvišne vlage iz zraka, suvišne topline, održavanje razine štetnih plinova na zadovoljavajućim granicama te osiguranje dovoljne količine kisika.

Optimalne vrijednosti izmjene zraka su  $3,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{kg}$  tjelesne mase uz brzinu strujanja zraka od od  $0,3 \text{ m/s}$ . (Kralik i sur., 2008.a). Učinkovito ventiliranje je s mikroklimatskog stajališta osnovni čimbenik kvalitetne mikroklimatske objekta, jer uz pomoć ventiliranja regulira se temperaturno – vlažni odnosi i zračna onečišćenja (Senčić, 2011.).

#### **2.3.4. Nastambe i oprema u peradarstvu**

Nastambe za smještaj peradi imaju osnovnu ulogu osiguranja zaštite od nepovoljnih vremenskih uvjeta kao i zaštitu od predatora. Nastambe moraju osigurati optimalne uvjete za intenzivnu peradarsku proizvodnju, i izgrađene na način da nemaju oštih rubova i izbočenih dijelova koji bi mogli uzrokovati ozljeđivanje peradi (Kralik i sur., 2008.a).

Suvremeni peradnjaci izgrađeni su u obliku većih prostorija, u kojima se postiže dobra raspodjela prostora, organizacija poslova, iskorištenje površina, dobra raspodjela opreme i unosnija proizvodnja (Senčić, 2011.). Prilikom izgradnje peradarskih farmi uz ekonomske čimbenike, posebna pozornost se mora obratiti na osiguranje zoohigijenskih i preventivno sanitarnih mjera, koje su u ovisnosti o pravilnom odabiru lokacije, odnosno terenu (Nemanič i Berić, 1995.).

Prema (Kralik i sur., 2008.a) preporuka je da se objekti za smještaj peradi grade na povišenom terenu, poroznog i propusnog tla, kako bi se izbjegla mogućnost poplave. Treba prilagoditi gradnju objekta klimatskim uvjetima u kojima se nastamba nalazi. Republika Hrvatska je podijeljena u tri klimatska područja (Nemanič i Berić, 1995.).

U Republici Hrvatskoj prevladavaju sjeverni hladni vjetrovi, zbog čega treba objekt postaviti u prostoru tako da je užim dijelom okrenut u smjeru sjever-jug ili sjeveroistok-jugozapad, time nastamba dobiva znatan udio sunčeve svjetlosti ujutro i navečer, a tijekom dana je njegova izloženost suncu svedena na minimum (Kralik i sur., 2008.a). Toplinska izolacija objekta mora biti kvalitetna, jer kod niskih vanjskih temperatura reduciraju se troškovi grijanja prostora, a kod povišenih vanjskih temperatura lakše je postizanje optimalnih

proizvodnih uvjeta. U ekstenzivnom držanju peradi, bitno je osigurati izolaciju objekta od naseljenih mjesta ili ostalih stočarskih objekata, čime smanjujemo mogućnost unosa i širenja zaraznih bolesti. Udaljenost objekta od naselja mora biti oko 2000 do 3000 m, a nikako manja od 1000 m zračne linije (Nemanič i Berić, 1995.).

Suvremeni objekti za intenzivnu proizvodnju peradi najčešće se grade bez prozora, od tvrdog materijala, gotovih elemenata ili klasičnih građevinskih materijala (Senčić, 2011.). Izbor materijala mora ispunjavati uvjete koji osiguravaju zdravlje i dobrobit životinja (Kralik i sur., 2008.a). Prema namjeni objekti za uzgoj peradi se dijele na: peradnjake za uzgoj, reprodukciju, proizvodnju jaja i peradnjake za tov (Senčić, 2011.).

Oprema koja se koristi u peradarskoj proizvodnji mora osigurati udobnost životinja i što bolje ispoljavanje proizvodnih sposobnosti. Pod opremom u peradarstvu podrazumijevamo sustave za ventilaciju, zagrijavanje, hlađenje te osvjetljenje nastambe (Kralik i sur., 2008.a).

### **2.3.5. Hranidba nesilica**

Zbog specifičnosti građe i funkcije probavnog sustava, hranidba peradi se razlikuje od hranidbe drugih vrsta domaćih životinja. Utjecaj mikroorganizama u probavnim organima je neznatan, izostaje sinteza aminokiselina i vitamina, a razgradnja celuloze je neznatna (Kralik i sur., 2008.a). Spolna zrelost, početak nesivosti i visoki proizvodni rezultati su u uskoj povezanosti s masom nesilica i svjetlosnim poticajem (Nemanič i Berić, 1995.).

Osnovni cilj hranidbe nesilica je dovoljan unos hrane u organizam da bi se zadovoljile uzdržne i produktivne potrebe za energijom i hranjivim tvarima (Senčić, 2011.). Općenito perad koristi visoki udio energije hrane za uzdržne potrebe. Nesilice u proizvodnoj fazi od 72% troši oko 70 do 72% konzumirane hrane za uzdržne potrebe, oko 25 do 27% za proizvodnju jaja i tek oko 3 do 4% za prirast tjelesne mase (Kralik i sur., 2008.a).

Za održanje nesivosti dnevne potrebe za energijom su od 1340 kJ (320 Kcal) na dan pri temperaturi okoliša od 20°C. Svaki °C promjene okolišne temperature povećava potrebe za energijom za 8,37 kJ (2 Kcal), tj. za 1,5 gram hrane po kokoši (Nemanič i Berić, 1995.). Kralik i sur. (2008.a) navode da je iskorištenje hrane u pogledu ugljikohidrata preko 90%, a masti i bjelančevina između 80 i 90%. Idealni odnos bjelančevina u hranidbi nesilica je 15 do 18%. Manji postotak bjelančevina u hranidbi dovodi do pada nesivosti (Senčić i Samac, 2017.).

U proizvodnim troškovima hranidba nesilica čini najveću stavku (Nemanič i Berić, 1995.) od ukupnih troškova proizvodnje jaja ili mesa, hranidba zauzima 60 do 70% troškova

proizvodnje (Van Eekeren i sur., 2006). Utrošak krmne smjese tijekom proizvodnog ciklusa varira, i u ovisnosti je o intenzitetu nesivosti, uvjetima okoliša (temperature), genetskoj osnovi (hibridi), tjelesnoj masi, energetske vrijednosti krmne smjese, fazi nesivosti i dr. (Senčić, 2011.). U svom istraživanju Janječić (2005.) navodi da je konzumacija hrane kod peradi regulirana fiziološkim čimbenicima kao što su: ispunjenost želuca, usitnjenost hrane, rezanje kljuna, temperatura, dob i spol.

Kokoši su vrlo produktivne životinje, koje ostvaruju visoku proizvodnju u odnosu na svoju masu, tako kokoš mase 1,8 do 2,0 kg ima proizvodnu mogućnost 18,5 do 20,0 kg mase jaja (Kralik i sur., 2008.a). Iz tog razloga krmne smjese za hranidbu nesilica moraju biti kompletne, izbalansirane i higijenski ispravne. Kvaliteta krmne smjese utječe na kvalitetu jaja, boju žumanjka, okus i osobine ljuske (Nemanič i Berić, 1995).

Od mineralnih potreba u hranidbi, za nesilice je vrlo bitan kalcij koji je odgovoran za kvalitetnu i čvrstu ljusku. Potrebe za kalcijem u proizvodnom ciklusu se mogu izraziti na način da se jedna ljuska jajeta sastoji od 94% kalcij karbonata, što je proporcionalno 2g kalcija (Ahmad i sur., 2003.). Nedostatak kalcija u hranidbi, nesilice u početku mobiliziraju iz kostura, a kasnije nesu jaja sa tanjom ljuskom (Senčić i Samac, 2017.).

Međutim unos kalcija ne smije biti prevelik jer dovodi do gubitka apetita i potrebno ga je uvesti u hranidbu prije samog početka proizvodnog ciklusa jer tada je i najpotrebniji (Bell i Weaver, 2002.). Preveliki unos kalcija može uzrokovati smanjenje mase jaja, smanjenje proizvodnje i preveliku konzumaciju krmne smjese (Ahmad i sur., 2003.). Tijekom proizvodnog ciklusa dnevne potrebe za kalcijem po nesilici iznose 3,75 g, dok je dnevna potreba za fosforom 350 mg (Keshavarz i Nakajima, 1993.). Optimalni iznos kalcija u smjesama za nesilice je oko 3,25% (Bell i Weaver 2002.). Na kvalitetu ljuske osim kalcija, utječu i druge mineralne tvari kao Mg, Mn, Zn i Cu. Preporučeni odnos po kg krmne smjese za Mg je 0,5 g, za Mn 40 do 60 mg i za Zn 65 mg (Senčić i Samac 2017.).

Osim kvalitetno izbalansirane krmne smjese, veliku važnost ima i režim hranidbe. Pilenke koje su imale smanjeni apetit u uzgoju, zaostaju u razvoju tjelesne mase i nakon što postignu proizvodni vrhunac u proizvodnji jaja, učestalo pokazuju brzi pad nesivosti za 5 do 8% (Kralik i sur., 2008.a). Režim hranidbe treba podijeliti u dva hranjenja s kontrolom utroška vode i hrane (Nemanič i Berić, 1995.). Hranidba je ad libitum i u fazama (Kralik i sur., 2008.a).



Tablica 4. Dnevne potrebe nesilica tijekom proizvodnje (Nemanić i Berić, 1995.)

Hranidbeni izvor	Jedinica mjere	Razdoblje nesenja, dob u tjednima		
		19-35	40-55	55 i više
sirove bjelančevine	g	19	18,5	18
lizin	mg	860	830	800
metionin	mg	410	395	380
metionin+cistin	mg	740	71	680
triptofan	mg	190	180	170
treonin	mg	570	550	530
linoleinska kiselina	%	1,4	1,2	1
iskoristivi fosfor	g	0,42	0,40	0,38
kalcij	g	3,8-4,2	4,0-4,2	4,2-4,6
natrij	mg	180	180	180
klor	mg	170	170	170

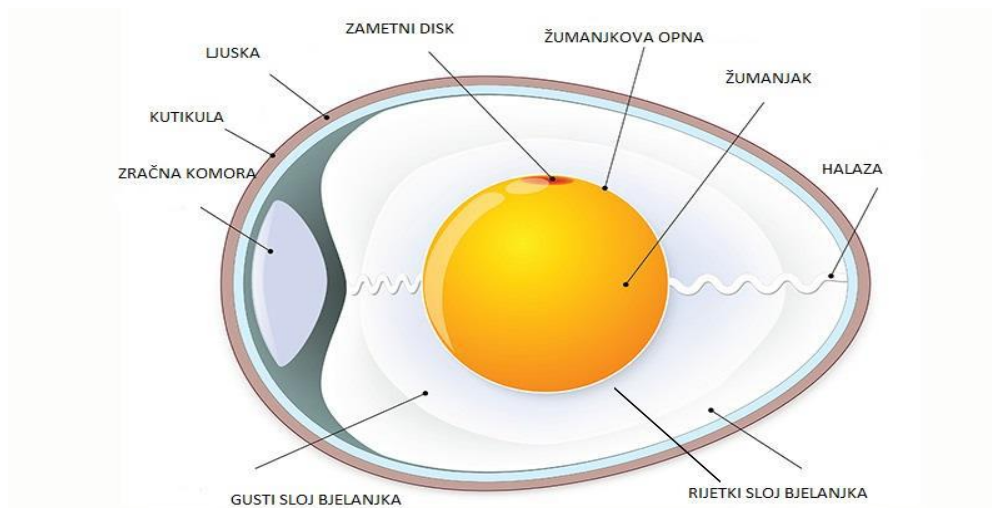
Prema Senčiću (2011.) pri faznoj hranidbi postoje tri faze. Prva faza je vrijeme od početka proizvodnog ciklusa do vrhunca proizvodnje (36 tjedana), druga faza je razdoblje između 36 i 52 tjedna starosti nesilica, u ovom periodu je nesivost visoka. Treća faza je od 52 tjedna do kraja proizvodnje, u ovom periodu nesivost opada. Nemanić i Berić (1995.) navode da je vrhunac nesivosti nesilica u dobi od 30 do 40 tjedna, i tek nakon toga kada prestane potreba za hranom koju troše za povećanje tjelesne mase i dolazi do smanjenja nesivosti, može se u određenom postotku smanjiti hranidbena vrijednost krmne smjese u sadržaju bjelančevina i aminokiselina.

Faznom hranidbom se dnevno konzumiranje proteina, aminokiselina i fosfora smanjuje, dok se dnevni unos kalcija povećava po fazama (Senčić, 2011.). Hranidba kokoši po faznom načelu poboljšava efikasnost iskorištavanja hrane i ekonomičnost proizvodnje (Kralik i sur., 2008.a).

## 2.4. Građa i sastav jaja

Jaje je eliptičnog, asimetričnog oblika čiji indeks oblika iznosi u prosjeku 74, a kreće se od 68 do 66 (Kralik i sur., 2008.a). Građeno je iz četiri osnovna dijela; žumanjka, bjelanjka, ljuskinih membrana i ljuske (Biđin 2010.). Ljuska jajeta štiti osjetljive dijelove jaja od vanjskih čimbenika i omogućuje izmjenu plinova i prijenos topline (Trpčić i sur., 2010.). Ljuska jajeta sastoji se od kalcij-karbonata, debljine oko 0,35 mm, s mnogobrojnim porama (Nemanič i Berić, 1995.). Ljuska osim što obiluje kalcijem, od ostalih minerala iskoristivih u prehrani sadrži visoke koncentracije fosfora i željeza (Biđin, 2010.).

Na površini ljuske svježih jaja nalazi se amnionska kutikula – potkožica, koja ima antibakterijsku ulogu i sprječava prodor mikroorganizama u unutrašnjost jajeta (Trpčić i sur., 2010). Ispod ljuske jajeta nalaze se dvije opne, jedna uz samu ljusku jajeta, a druga opna obavija unutrašnji sadržaj (Kralik i sur., 2008,a). Između tih dviju opni nalazi se zračni prostor (komora), koji nastaje kao posljedica hlađenja i skupljanja unutarnjeg sadržaja (Senčić, 2011.).



Slika 5. Građa jajeta (Izvor: [www.hobbyfarms.com](http://www.hobbyfarms.com))

Zračni prostor nastaje odmah nakon nesenja jaja, i vidljiv je na tupom dijelu jajeta (Kralik i sur., 2008.a). Zbog isparavanja vode iz sadržaja jajeta dolazi do povećanja zračne komore (Biđin, 2010.). Na osnovu veličine zračne komore možemo procijeniti starost jajeta.

Žumanjak se nalazi u središtu jajeta, obavijen je žumanjčanom opnom, lakši je od bjelanjka, a u središtu ga drže spiralne tvorevine gustog bjelanjka – halaze (Kralik i sur., 2008.a). Sastoji se od žutog, tamnog i svijetlog dijela. Svjetliji dio nalazi se unutar tamnijeg

žutoga i jednim dijelom se probija kroz tamniji, na čijem se kraju nalazi zametna pločica (Nemanič i Berić, 1995.).

Tablica 5. Osnovni kemijski sastav svježeg jajeta u postocima (Nemanič i Berić, 1995.)

Sastojci	Cijelo jaje	Bjelanjak	Žumanjak	Ljuska
voda	65,6	87,9	48,7	2
bjelančevine	12,1	10,6	16,6	6
masti	10,5	0	32,6	-
šećeri	0,9	0,9	1,05	-
pepeo	10,9	0,6	1,05	92
Ukupno	100,0	100,0	100,0	100,0

Bjelanjak je građen iz tri dijela: vanjskog, unutarnjeg tekućeg i srednjeg čvrstog koji čini polovinu ukupne mase bjelanjka. Neposredno ispod ljuske jajeta nalazi se rijetki bjelanjak, zatim dolazi gusti bjelanjak i ponovo svijetli bjelanjak (Kralik i sur., 2008,a). Međusobni odnos sastavnih dijelova jajeta mase od 58 g je sljedeći: ljuska i membrane 6,4 g (11%), bjelanjak s halazama 32,9 g (57%) i žumanjak 18,7 g (32%) (Nemanič i Berić, 1995). Bez obzira na vrstu peradi, teža jaja sadrže manje žumanjka a više bjelanjka. Međusobni odnos žumanjka i bjelanjka se mijenja tijekom vremenskog perioda nesivosti, što nesilice duže nesu jaja sadrže više žumanjka, a manje bjelanjka (Biđin, 2010.).

## 2.5. Nutritivna vrijednost jaja

Po biološkoj vrijednosti jaja spadaju među najvrjednije namirnice. Biološka vrijednost bjelančevina jaja iznosi 94, što znači da ljudski organizam od 100 g bjelančevina jaja, može izgraditi 94 g vlastitih bjelančevina (Senčić, 2011.). Jedno jaje u prosjeku osigurava 4,5 - 6 g proteina, a polovica te količine nalazi se u bjelanjku. Bjelanjak sadrži sve esencijalne aminokiseline u poželjnim omjerima, i kao takav se smatra idealnim izvorom bjelančevina (Jakopović i sur., 2016.).

Bjelanjak jajeta sadrži 87% vode, 12% bjelančevina, 0,5% ugljikohidrata, 0,5% mineralnih tvari i lipida u tragovima (Trpčić i sur., 2010.). Bjelančevine bjelanjka sastavljene su od albumina i globulina (rijetki dio bjelanjka), ovoalbumina (gusti dio bjelanjka), te mucina i mukoida (strukturni dio bjelanjka), (Senčić i Samac 2017.). Od ugljikohidrata, u bjelanjku se nalaze manoza, galaktoza i glukoza, dok su lipidi zastupljeni samo u tragovima,

sadržaj mineralnih tvari u bjelanjku se kreće oko 0,5 do 0,6% (Kralik i sur., 2008.a). Bjelanjak sadrži polovicu bjelančevina i riboflavina (Froning, 2006.).

Žumanjak jajeta sadrži 31,8-35,5% lipida, 15,7-16,6% proteina, 0,2-1,0%, 1,1% mineralnih tvari (Jurić i sur., 2005.). Lipidi žumanjka sastoje se od 65,5% triglicerida, 28,3% fosfolipida i 5,2% kolesterola. Froning (2006.) u svom istraživanju navodi da od ukupnog sadržaja jajeta, žumanjak sadrži većinu od ukupnih kalorija (78%), svu mast, polovicu bjelančevina, većinu Ca, P, Fe, Cinka, vitamina B6, B12, A, folne kiseline, polovinu riboflavina i tiamina. Karetonoidi koji su prisutni u žumanjku jajeta prirodni su antioksidansi, neutraliziraju slobodne radikale, imaju antikancerogena svojstva, smanjuju visinu serumskog LDL (lošeg) kolesterola i na taj način smanjuju nastanak kardiovaskularnih oboljenja (Jurić i sur., 2005.). Suha tvar žumanjka kod svježih jaja se kreće od 50 do 52%, i u zavisnosti je od starosti kokoši nesilica i od vremena skladištenja (Huopalahti i sur., 2007.).

Jaje je namirnica koja na dnevnoj bazi u ljudskoj prehrani osigurava više hranjivih tvari nego kalorija, i kao takva se još naziva “nutritivno gusta” namirnica (Duffy i McCarthy). Nutritivno gusta hrana pruža neophodne nutritive bez dodatnih kalorija (AGB, 2012.). Prosječna energetska vrijednost jednog jajeta od 100 g iznosi 140 Kcal (Réhault-Godbert i sur. 2019.), što ga ne čini kaloričnom namirnicom. Ono što čini problem u nutritivnom smislu kod jaja, je visok udio kolesterola. Sadržaj kolesterola u jajetu od 100 g, iznosi prema USDA 370 mg, Ruxton i sur. (2010.) 385 mg, Miranda i sur. (2015.) 410 mg.

Zbog te visoke razine kolesterola American Heart Association je 1968., preporučila uzimanje manje od tri cijela jajeta po tjednu, navodeći da visoki kolesterol iz hrane pogoduje visokom kolesterolu u krvi, i kao takav povećava rizik od kardiovaskularnih bolesti. Dugo je vrijedilo uvjerenje i preporuke liječnika kardiologa da se izbjegava konzumacija jaja, i na taj način smanji razina kolesterola u krvi, odnosno smanji rizik od kardiovaskularnih bolesti. U svom priopćenju od 2000. godine AHA je izdala novo priopćenje u kojem navodi da hrana bogata kolesterolom, ali sa niskim sadržajem zasićenih masnih kiselina, kao što su jaja (žumanjak) ima mali utjecaj na povećanje razine LDL kolesterola (Krauss i sur., 2000.).

American Diabetes Association (ADA) je do nedavno imala stav i preporuku na ograničenje konzumacije hrane bogate kolesterolom na 300 mg dnevno, jedno jaje od 50 g sadrži otprilike 200 mg kolesterola. Takav stav je promijenjen i više nema ograničenja na dnevni unos kolesterola (Fuller i sur., 2015.). Nedavna istraživanja pokazuju da jaja sadrže manje kolesterola nego prije. USDA 2010. godine (The United States Department of Agriculture) je objavilo nutritivne podatke za jaja, iz kojih je vidljivo da je prosječni sadržaj

kolesterola u "A" klasi jaja manji od 185 mg, što iznosi smanjenje od 14% u odnosu na prijašnja podatke (Egg Nutrition Center).

Tablica 6. Nutritivni sastav u 100 g jestivog jajeta (Kralik i sur., 2008.a).

Sastojak	Udio	Sastojak	Udio
Voda	72,5 – 75,0 g	Nikotinamid	0,05 – 0,10 mg
Bjelančevine	12,5 – 13,5 g	Pantotenska kiselina	1,1 – 1,8 mg
Masti	10,7 – 11,6 g	Vitamin B6	0,09 – 0,18 mg
Ugljikohidrati	0,7 g	Biotin	0,1 mg
Mineralne tvari	1,0 – 1,1 g	Folna kiselina	4,1 – 5,0 mcg
<b>Minerali i mikroelementi</b>		Vitamin B12	0,84 – 3,13 mcg
Natrij	122 – 156 mg	<b>Aminokiseline</b>	
Kalij	128 – 155 mg	Izoleucin	0,66 – 1,08 g
Magnezij	11 – 13 mg	Leucin	1,01 – 1,25 g
Mangan	0 – 0,05 mg	Valin	0,85 – 1,13 g
Kalcij	54 – 60 mg	Metionin	0,18 – 0,59 g
Željezo	1,5 – 2,7 mg	Cistin	0,17 – 0,38 g
Bakar	0,05 – 0,23 mg	Fenilalanin	0,58 – 1,03 g
Cink	0,8 – 2,0 mg	Tirouin	0,34 – 0,76 g
Fosfor	206 – 225 mg	Treonin	0,49 – 0,94 g
Flor	0,01 – 0,12 mg	Triptofan	0,15 – 0,27 g
Klor	170 – 180 mg	Lizin	0,65 – 1,01 g
Jod	1 – 40 mg	Histidin	0,18 – 0,59 g
<b>Vitamini</b>		Arginin	0,72 – 1,25 g
Vitamin A	0,20 – 0,25 mg	<b>Ostali sastojci</b>	
Karotin	0,22 – 0,60 mg	Oleinska kiselina	5,0 g
Vitamin D	5 mcg	Linolna kiselina	2,03 g
Vitamin E	0,05 – 1,5 mg	Linolenska kiselina	0,31 g
Vitamin K	0,002 mg	Kolesterol	0,47 g
Vitamin B1	0,07 – 0,14 mg	Kalorijska vrijednost	167 Kcal
Vitamin B2	0,29 – 0,62 mg		

Kao jedan od mogućih razloga smanjenja kolesterola se navodi poboljšanja u hranidbi kokoši nesilica. U provedenim različitim istraživanjima (Hu i sur., 1999.; Qureshi i sur. 2007.; Zazpe i sur., 2011.; Rong i sur., 2013.; Fuller i sur., 2015.) autori su istraživali povezanost konzumacije jaja i njihov utjecaj na povećanje rizika od kardiovaskularnih bolesti te moždanog udara. Zajednički zaključak je da kod zdravih ljudi, konzumacija od jednog jajeta na dan ne povećava rizik od nastanka kardiovaskularnih bolesti ili moždanog udara.

### 2.5.1. Jaje kao funkcionalna hrana

Ljudska prehrana u razvijenim zemljama je specifična jer odlikuje se prevelikom unosom proteina, kalorija, kolesterola, zasićenih masnih kiselina (SFA), n-6 polinezasićenih masnih kiselina (PUFA), natrija, dok je nedostatan unos n-3 PUFA, vlakana i antioksidansa. Unos n-3 PUFA u ljudskoj prehrani je nedostatan zbog slabe konzumacije ribe i hranidbe stoke isključivo žitaricama koje prirodno obiluju s PUFA n-6, gdje se u takvoj proizvodnji dobiva proizvod koji je bogat n-6 PUFA, a siromašan sa n-3 PUFA (Škrtić i sur., 2006.). Takva neuravnotežena prehrana je djelomično odgovorna za visoki stupanj obolijevanja, pojavu kroničnih bolesti od kojih su kardiovaskularne bolesti vodeće kao uzrok smrtnosti u svijetu (Miranda i sur., 2015.).

Iz ovih razloga kao i veće konkurentnosti prehrambenih proizvoda na tržištu pristupilo se razvoju koncepta funkcionalne hrane u svijetu. Pod pojmom funkcionalna hrana podrazumijevaju se namirnice koje osim svojih osnovnih nutritivnih sastojaka sadrže i sastojke koji poboljšavaju zdravlje ili svojim djelovanjem smanjuju rizik od nastanka bolesti (Kralik i sur., 2010.). Funkcionalna hrana može biti prirodna hrana, hrana kojoj je dodan ili oduzet određeni sastojak, hrana u kojoj su promijenjena svojstva jednog ili više sastojaka, promijenjena biodostupnost jednog ili više sastojaka ili bilo koja kombinacija od navedenih mogućnosti (Roberfroid, 2002.). Obogaćivanje jaja funkcionalnim sastojcima putem modifikacije obroka nesilica dobivaju se dizajnirana jaja koja po svom sastavu odgovaraju terminu funkcionalna hrana (Grčević i sur., 2011.). Najčešći korišteni funkcionalni sastojci koji se koriste u obogaćivanju jaja su ulja bogata omega-3 masnim kiselinama (repičino, laneno ili riblje), selen, lutein, vitamin E, vitamin A, zeaksantin i dr. (Kralik i Lovreković, 2018.; Kralik i Jelić, 2017.).

Dizajnirana jaja su ona jaja kojima je u odnosu na standardna jaja promijenjen njihov sadržaj (Jacob i Miles 2011.). Korištenjem dizajniranih krmiva u hranidbi nesilica može se utjecati na ukupan sadržaj lipida, masnih kiselina, minerala i vitamina topljivih u mastima (Meluzzi i sur. 2000.). Profil masnih kiselina, pogotovo PUFA, u žumanjcima su pod velikim utjecajem profila masnih kiselina iz korištenih krmiva u hranidbi (Škrtić i sur. 2006.). Iz razloga da bi jaje postalo konkurentnija i kvalitetnija namirnica sa povoljnijim omjerom n-6/n-3 masnih kiselina pristupa se njegovom obogaćivanju putem posebno dizajniranih krmnih smjesa bogatih n-3 masnim kiselinama. Poželjni omjer n-6/n-3 PUFA u lipidima žumanjka prema Kralik i sur. (2008.b) bi trebao biti manji od 4:1.

U prehrani ljudi najvažnije n-3 masne kiseline su eikozapentaenska (EPA), dokozaheksaenska (DHA) i  $\alpha$ -linolenska (LNA). Dodatkom biljnih ulja u krmiva se povećava sadržaj LNA, a dodatkom ribljih ulja se povećava sadržaj DHA i EPA u žumanjku (Grčević i sur., 2011.). Meluzzi i sur. (2000.) u svom istraživanju navode kako je dodavanjem 3% ribljeg ulja u hranu za nesilice došlo do značajnog ( $P < 0.01$ ) povećanja sadržaja svih n-3 masnih kiselina žumanjka, pogotovo EPA (19,53/0.74 mg/jajetu) i DHA (143.70/43.66 mg/jajetu), te znatnog smanjenja arahidonske kiseline (25.54/67.72 mg/jajetu).

Kombinacijom hranidbe sa 2% ribljeg i 4% repičinog ulja dolazi do znatnog povećanja udjela n-3 PUFA u žumanjku jajeta i smanjenju udjela n-6 PUFA što dovodi do povoljnijeg omjera n-6/n-3 masnih kiselina (Škrtić i sur., 2007.). Ovakvi rezultati u korištenju ribljeg ulja u hranidbi nesilica su u skladu sa istraživanjem Hargisa i sur. (1991.); te Meluzzi i sur. (2000.) koji su koristili 3% ribljeg ulja u hranidbi nesilica i postigli slične rezultate u vidu povoljnijeg omjera n-6/n-3 masnih kiselina.

Manji udio ribljeg ulja u hranidbi nesilica dovodi do nižeg sadržaja zasićenih masnih kiselina a većeg sadržaja n-6 masnih kiselina, zamjenom ribljeg ulja sa lanenim uljem dolazi do ukupnog povećanja n-3 PUFA u vidu LNA (Baucells i sur., 2000.). Međutim korištenjem modificiranih krmiva bogatih sa PUFA n-3 u hrani za nesilice može imati loše proizvodne pokazatelje na neke unutarnje parametre kvalitete jaja. Visoka koncentracija lanenog ulja u hranidbi dovodi do smanjenja težine žumanjka (Sari i sur., 2001.), lošija senzorska obilježja kao što su miris i okus po ribi te tamnija boja žumanjka (Jiang i sur., 1992.).

## 2.6. Kvaliteta jaja

Kvaliteta je definirana kao skup karakteristika hrane koje utječu na njegovu prihvatljivost od strane korisnika. Kvaliteta jaja mjeri se kako bi se opisale razlike u svježim jajima dobivenim od kokoši nesilica koje su bile pod genetskim, prehrambenim ili okolišnim utjecajem ili kako bi se opisalo pogoršanje kvalitete jaja u ovisnosti o temperaturi i vremenu skladištenja (Silversides, 1994.). Kvaliteta jaja ovisi o velikom broju čimbenika, prvenstveno o genetskoj osnovi kokoši nesilica, starosti, vremenu ovipozicije, načinu držanja (proizvodnje) i uvjetima skladištenja (Senčić i sur., 2006.). Na kvalitetu jaja u velikoj mjeri utjecaj ima hranidba, točnije sastav i kvaliteta krmne smjese kokoši nesilica. Utjecaj sastava krmne smjese ogleda se u promjeni mase jaja, kakvoće ljuske, kemijskog sastava jaja i unutarnje kvalitete jaja (Senčić i sur., 2006.). Najbolji pokazatelji promjene kvalitete jaja su promjene koje nastaju u vrijednostima Haugh jedinica, masi bjelanjka, žumanjka i ljuske

jajeta, promjene u pH vrijednostima bjelanjka i žumanjka, visini bjelanjka i gubitka vlage kroz pore ljuske jajeta (Jin i sur., 2011.).

Kvalitetu jaja možemo podijeliti na unutarnju, gdje se stavlja naglasak na jestivi dio jajeta, i vanjsku koja je određena stanjem i izgledom ljuske. Unutarnja kvaliteta jaja usko je povezana sa svježinom jaja, a na parametre kojima procjenjujemo unutarnju kvalitete jaja direktan utjecaj imaju uvjeti čuvanja (Van Niekerk, 2014.). Svježina jaja je jedan od osnovnih parametara kojom potrošači vrednuju kvalitetu jaja (Karoui i sur., 2005.).

Samli i sur. (2005.), Jin i sur. (2011.) i Chung i sur. (2014.) u svojim istraživanjima su utvrdili da temperatura i vrijeme skladištenje direktno utječu na kvalitetu jaja, koja se očituje smanjenjem Haugh jedinica i gubitka mase jaja. Kakvoća jaja U Republici Hrvatskoj definirana je pravilnikom o kakvoći jaja (N.N. 115/06, 69/07 i 76/08).

Prema navedenom pravilniku s obzirom na kakvoću jaja se klasiraju na:

- jaja "A" klase ili svježa jaja
- jaja "B" klase namijenjena industrijskoj preradi

Jaja „A“ klase moraju u trenutku pakiranja ispunjavati minimalno slijedeće uvjete:

- ljuska i pokožica moraju biti normalnog oblika, čista i neoštećena,
- zračna komora ne smije biti viša od 6 mm i da je nepokretna, dok za jaja koja će se označiti kao "ekstra" ne smije prelaziti 4 mm,
- bjelanjak mora biti bistar, proziran i kompaktan,
- žumanjak se pri prosvjetljavanju jaja treba vidjeti kao sjena nejasnih obrisa i da je pri naglom okretanju jaja nepokretan ili neznatno pokretan te da se nalazi u sredini jaja,
- zametak treba biti neprimjetnog razvoja,
- ne smije imati stranih tvari,
- ne smije imati strane mirise.

Ovisno o načinu držanja kokoši nesilica, na jajima i pakiranju jaja „A“ klase moraju se označiti proizvođačkim kodom koji se sastoji od:

- a) način uzgoja peradi
  - 0 – jaja ekološkog uzgoja
  - 1 – jaja iz slobodnog uzgoja
  - 2 – jaja iz podnog uzgoja
  - 3 – jaja iz kaveznog uzgoja



- b) država podrijetla
- c) odobreni broj proizvođača

Jaja „B“ klase, jaja za preradu moraju također biti na propisan način označena. Oznaka za jaja „B“ klase se sastoji od kruga promjera do 12 mm, koji se nalazi oko slova B koje je minimalne veličine od 5 mm (Havranek i sur., 2014.).



Slika 6. Označavanje jaja (Izvor: [www.zdravljezasve.com](http://www.zdravljezasve.com))

### 2.6.1. Pokazatelji kvalitete jaja

Pokazatelji kvalitete kokošjih jaja se odnose na vanjske (ljuska) i unutarnje parametre (bjelanjak i žumanjak). Vanjska kvaliteta jaja određena je stanjem ljuske, njezinom bojom, čistoćom, čvrstoćom, i oblikom (Van Niekerk, 2014.). Od vanjskih pokazatelja kvalitete jaja uzima se još masa jaja (g), dužina i širina jaja (cm) masa ljuske (g) i debljina ljuske (mm) (Akter i sur., 2014.).

Mnogi istraživači u do sada objavljenim radovima pokazuju da vrijeme i temperatura skladištenja ne utiču u velikoj mjeri na vanjske čimbenike kvalitete jaja, kao indeks oblika, debljinu i masu ljuske, dok isti parametri značajno utiču na gubitak mase jaja (Djukić Stojčić i Perić 2018.; Grashorn i sur. 2016.; Kralik i sur. 2014.).

U svom istraživanju Jin i sur. (2011.) te Akter i sur. (2014.) navode da unutarnja kvaliteta jaja, za razliku od vanjske opada neposredno nakon nesenja jaja, te da se stabilnost unutrašnje kvalitete jaja može održati skladištenjem jaja na nižoj temperaturi. Unutarnja kvaliteta jaja temelji se na veličini (visini) zračne komore, kvaliteti bjelanjka, kvaliteti žumanjka i prisutnosti krvavih ili mesnih pjega (Jacob i sur., 2011.).

Analiza unutarnje kvalitete jaja provodi se još na pokazateljima kao što su pH vrijednosti žumanjka i bjelanjka, Haugh jedinice (HJ), vrijednosni broj (VB), stupanj starenja (SS), analiza kemijskih sastojaka i dr. (Kralik i sur. 2008.). Upravo unutrašnja kvaliteta je najbitnija za potrošače zbog hranidbene vrijednosti jajeta te funkcionalnih i estetskih čimbenika (Gerber, 2014.).

### 2.6.1.1. Masa jaja

Prema Ivankoviću i sur. (2018.), masa jaja predstavlja težinu jajeta u koju se ubraja njegova ukupna masa, zajedno sa masom ljuske, bjelanjka i žumanjka. Masa jajeta u zavisnosti je o pasmini (genotipu), proizvodnoj liniji te vanjskim čimbenicima (hranidba, temperatura i dr.; Senčić, 2017.). Tijekom proizvodnog ciklusa na početku nesivosti nesilice proizvode nešto sitnija jaja, dok već nakon perioda od 2 - 3 tjedna jaja poprimaju prosječnu težinu. Starije nesilice nesu prosječno teža jaja (Kralik i sur. 2014.). Senčić (2017.), navodi da je masa jaja temeljni pokazatelj njihove kvalitete.

Značajan utjecaj na masu jaja ima visoka temperatura skladištenja (Samli i sur. 2005., Akter i sur. 2014.). Samli i sur. (2005.) tako navode da pri skladištenju jaja na 21°C dolazi do značajnog gubitka mase jaja, 0,65 g tijekom 5 dana, a tijekom 10 dana gubitak mase jaja iznosio je 1,05 g. Povećanjem temperature skladištenja na 29°C, gubitak mase jaja je još više izraženiji na 1,30 i 1,94 g. Skladištenjem jaja na 4°C dolazi do znatnog ( $p < 0.05$ ) smanjenja gubitka mase jaja nego na sobnoj temperaturi (Akter i sur., 2014.). Đukić Stojčić i Perić (2018.) u svom istraživanju navode da se masa jaja u znatnoj mjeri smanjila tijekom skladištenja jaja u hladnjaku, i to u vremenu od 7 i 14 dana za 0,72 g; 21 dan 1,07 g; i 28 dana 1,00 g.

Prema Pravilniku (N.N. 115/06, 69/07 i 76/08) o kakvoći jaja, prije stavljanja jaja „A“ klase na tržište, ona se razvrstavaju s obzirom na težinu u četiri razreda i označavaju sa:

- XL – velika jaja težine od 73 g i veća
- L – velika jaja težine od 63 do 73 g
- M – srednja jaja težine od 53 do 63 g
- S – mala jaja težine manje od 53 g

Selekcijom u proizvodnji se nastoji dobiti da nesilice nesu jaja mase između 53 i 73 g, jer takva jaja olakšavaju manipulaciju, pakiranje i transport. Kod krupnih jaja, mase veće od 65 g češći su lomovi i takva jaja uglavnom sadrže po dva žumanjka (Senčić, 2011.).

### 2.6.1.2. Indeks oblika

Normalni oblik jajeta je eliptičan, pri čemu je jedan kraj šiljast dok je drugi tupog oblika. Oblik jajeta je bitan čimbenik u proizvodnom ciklusu, jer utječe na pakiranje jaja namijenjenih tržištu, inkubaciji i valjenju pilića (Romanoff, 1949.). Oblik jajeta se izražava indeksom oblika, koji se izražava u postocima. Dobivene vrijednosti dužine i širine jajeta izmjerene pomičnom mjerkom se uvrstavaju u slijedeću formulu (Panda, 1966.):

$$\text{Indeks oblika (\%)} = \text{širina jajeta/dužina jajeta} \times 100$$

Standardna jaja kokoši nesilica imaju indeks oblika po Romanoffu i Romanoffu (1949.) 74%, sa tupim i šiljastim krajevima, a u prosjeku indeks oblika se kreće od 63,1 do 81,7 %, sa srednjom vrijednošću od 70 %. Po indeksu oblika jaja možemo podijeliti na šiljasta (IO < 72), standardna (IO = 72–76) i okrugla (IO > 76), (Duman i sur., 2016.). Temperatura i vrijeme skladištenje nemaju značajan utjecaj ( $P > 0.05$ ) na indeks oblika (Akter i sur., 2014.).

### 2.6.1.3. Kvaliteta ljuske

Kvaliteta ljuske jajeta predstavlja sposobnost ljuske da pod vanjskim utjecajem zadrži oblik jajeta, bez pucanja ili razbijanja (Ketelaere i sur., 2002.), a određuje je njezina debljina i čvrstoća. Debljina ljuske jaja kreće se od 0,241 do 0,43 mm, na polovima ljuska je nešto deblja nego u sredini, čvrstoća ljuske se kreće od 3,0 do 3,5 kp (Kralik i sur., 2008.). Prema Biđinu (2010.) ljuska mora ispunjavati dva osnovna uvjeta, da bude čvrsta kako bi pružila zaštitu zametku i imala dovoljnu sposobnost propusnosti, čime se omogućava normalna izmjena plinova u jajetu. Masa ljuske jajeta mjeri se vaganjem ljuske nakon odvajanja bjelanjka i žumanjka.

Curtis i sur. (1985.) u svom istraživanju navode da na kvalitetu ljuske utječu genetika, selekcija, razni tipovi nesilica, veličina jajeta i način proizvodnje. U provedenim istraživanjima također je dokazano da i starost nesilica utječe na kvalitetu ljuske, odnosno kvaliteta ljuske jaja opada starenjem nesilica (Kralik i sur., 2008., Roberts, 2004., Roland i sur., 1975.). Navedeni utjecaj na kvalitetu ljuske se može smanjiti poticanjem ranijeg

mitarenja ili dodatkom kalcija u hranidbi (Roberts, 2004.). Bell i Weaver (2002.), također navode da produljenje nesivosti, povećanje okolišne temperature, stres, bolesti kao i lijekovi utječu na smanjenje kvalitete ljuske.

Oštećenja na ljusci imaju direktan utjecaj na unutrašnjost jajeta. Oštećenja mogu biti u vidu velikih pukotina, pukotina veličine vlasi kose, zvjezdaste pukotine i tanke ili ne oljuštene nepravilnosti. Kao uzroci Oštećenja navode se mehanička Oštećenja od strane samih nesilica ili prilikom skupljanja jaja, lošeg dizajna kaveza ili neodržavanja samog poda nastambe (Gerber, 2014.).

U komercijalnoj proizvodnji otkrivanje pukotina na ljusci se provodi prosvjetljavanjem svjetlom ili prolaskom kroz električni detektor pukotina (Roberts, 2004.). Da bi jaje zadovoljilo prodajne standarde, ljuska mora biti vidljivo čista, bez pukotina koje su vidljive prosvjetljavanjem, ne smiju biti inkubirana niti rukovana i uskladištena pod uvjetima koji minimaliziraju kondenzaciju na površini jaja, ne smije biti tragova embrija u razvoju ili puterifikaciji i zgrušane krvi (Gerber, 2014.).

Boja ljuske jaja peradi je različita, i varira od bijele do smeđe. U direktnoj ovisnosti je o pigmentu porfirinu, koji se ugrađuje u ljusku prilikom prolaska jajeta kroz jajovod (Bidin 2010.). Vrijeme i temperatura skladištenja ne utječu na masu i debljinu ljuske (Akter i sur., 2014.). Suprotno navedenom istraživanju Samli i sur. (2005.) su ustanovili da vrijeme i temperatura imaju znatan utjecaj na težinu ljuske jajeta.

#### **2.6.1.4. pH vrijednost žumanjka i bjelanjka**

U određivanju unutarnje kvalitete jaja, pH bjelanjka i žumanjka predstavlja važno fizikalno-kemijsko svojstvo. Glavna razlika između svježih i uskladištenih jaja se očituje u pH vrijednosti i kvaliteti bjelanjka (Akter i sur., 2014.). Cijelo jaje kao namirnica ima relativno neutralan pH, međutim bjelanjak jajeta je jedan od rijetkih prehrambenih proizvoda koji je prirodno alkaličan. Vrijednost pH bjelanjka se povećava starenjem jaja, i može dostići vrijednost do 9,2 (Tallman i sur., 2018.). Normalna vrijednost pH bjelanjka kreće se oko 7,6 (Kralik i sur., 2008.).

Jin i sur. (2011.) u svom istraživanju navode da pH bjelanjka nije pod utjecajem starosti nesilica niti pasmini, i kao takav se može koristiti u određivanju svježine jaja. Najosjetljiviji pokazatelj promjena u sadržaju jaja pod utjecajem vremena skladištenja je njegova alkaličnost (Batkowska i sur. 2016.). Do povećanja pH vrijednosti bjelanjka bez obzira na temperaturu skladištenja dolazi već nakon samo dva dana skladištenja (Jin i sur., 2011.). Osim temperature

i vremena skladištenja, na pH bjelanjka utječe plinovito okruženje skladišnog prostora te propusnost ljuske jajeta (Akter i sur., 2014.). Do povećanja pH bjelanjka dolazi zbog gubitka CO<sub>2</sub> iz jaja (Samli i sur., 2005.), prolaskom CO<sub>2</sub> kroz ljusku jajeta narušava se kemijska ravnoteža između plinovitih i otopljenih tvari, što dovodi do promjene koncentracije vodikovih iona (Kralik i sur., 2008.).

Značajno povećanje pH ( $P < 0.05$ ) kod jaja skladištenih na sobnoj temperaturi u odnosu na jaja skladištena u hladnjaku tijekom cijelog vremena skladištenja zabilježili su Akter i sur. (2014.), te kao mogući razlog ovog povećanja navode povećanu evaporaciju iz jaja.

Vrijednost pH žumanjka kreće se oko 6,0 (Kralik i sur., 2008.), a tijekom skladištenja može doseći razinu od 6,9 (Tallman i sur., 2018.). U svom istraživanju Samli i sur. (2005.) Akyurek i Okur (2009.) te Chung i sur., (2014.) navode da se pH žumanjka znatno povećao pod utjecajem vremena skladištenja ali ne i pod utjecajem temperature. Feddern i sur. (2017.) navode da bez obzira na temperaturu na kojoj su skladištena, pH žumanjka se značajno povećava tijekom prva četiri tjedna skladištenja na sobnoj temperaturi. Utjecaj vremena skladištenja (28 dana) i temperature (sobna) imao je znatan utjecaj ( $P < 0.05$ ) na povećanje pH žumanjka, nego kod jaja skladištenih u hladnjaku (Akter i sur., 2014.). Navedeni autori kao razlog ovog povećanja pH žumanjka navode gubitak CO<sub>2</sub> iz jaja difuzijom.

pH vrijednosti su korisne u određivanju kvalitete jaja nakon skladištenja, međutim pH vrijednosti nisu povezane s razlikama u kvaliteti svježih jaja (Silversides, 1993.). Korištenje pH vrijednosti u određivanju promjene kvalitete bjelanjka kroz vremenski period skladištenja je korisno, ali zahtjeva određeno vrijeme za provedbu mjerenja (Silversides, 1994.).

#### **2.6.1.5. Haugh jedinice**

Od početka industrijalizacije proizvodnje jaja kvalitetu bjelanjka teško je bilo odrediti u laboratorijskim i komercijalnim uvjetima (Silversides, 1993.). Tijekom vremena provedeno je mnogo pokušaja u određivanju kvalitete jaja. Problem je bio u pronalaženju čimbenika koji je brzo mjerljiv a ujedno povezan s vidljivom razlikom u kvaliteti (Silversides, 1994.).

Haugh jedinice (HJ) prvenstveno se koriste kao pokazatelj kakvoće bjelanjka, i određuju se na osnovi visine bjelanjka i ukupne mase jaja prema formuli koju je predstavio Haugh (1937.), i kao takva se koristi u industriji proizvodnje jaja od svog uvođenja.

$$Hj = 100 \log (H + 7,57 - 1,7W^{0.37})$$

Prema navedenoj formuli HJ izračunavaju se od visine unutarnjeg gustog dijela bjelanjka i ukupne mase jaja, i kao takva se može smatrati vizualnom mjerom kvalitete, jer opisuje izgled jajeta kada je razbijeno na ravnu površinu (Silversides, 1993.). Visina gustog dijela bjelanjka uključena je u izračun HJ jer Povećanjem duljine skladištenja kao i uvjetima čuvanja dolazi do promjena u strukturi bjelanjka uslijed razgradnje mucinskih niti (Kralik i sur., 2008.). Vrijednost HJ kod svježih, kvalitetnih jaja iznosi 70 HJ, a kod starih jaja, skladištenih iznosi 55 HJ ili manje (Senčić i Samac, 2017.).

Kod jaja skladištenih na sobnoj temperaturi dolazi do znatnog smanjenja ( $P < 0,05$ ) HJ u odnosu na ista jaja skladištena u hladnjaku (Akter i sur., 2014.). Samli i sur. (2005.) u svom istraživanju navode da se visina bjelanjka i vrijednost HJ znatno ( $P < 0,001$ ) smanjila prilikom skladištenja jaja na  $5^{\circ}\text{C}$  tijekom 10 dana. Tako je početna visina bjelanjka svježih jaja sa 8,56 mm pala na 6,18 mm, a vrijednosti HJ smanjile su se kod svježih jaja sa 91,37 na 76,27 kod skladištenih jaja. Ovi rezultati su u skladu sa istraživanjem Kralik i sur. (2014.) koji navode da tijekom 28 dana skladištenja u hladnjaku dolazi do znatnog smanjenja ( $P < 0,05$ ) visine bjelanjka i vrijednosti HJ.

#### **2.6.1.6. Boja žumanjka**

Kvaliteta žumanjka jaja povezana je sa njegovim izgledom, mirisom, teksturom i čvrstoćom. Englmaierová i sur. (2014.) navode da je boja žumanjka prvi pokazatelj njegove kvalitete, a općenito treći pokazatelj kvalitete jaja nakon svježine i kvalitete ljuske. Kao unutarnji pokazatelj, boja je najznačajnija karakteristika koju potrošači primjećuju (Feddern i sur., 2017.). Trpčić i sur. (2010.) navode da je boja žumanjka ovisna o količini kartinoidnih pigmenata u hrani (lutein, ovoflavin i karotin). Od svih karotenoida primarni koji je odgovoran za boju žumanjka je biljni pigment ksantofil koji se putem hrane unosi u organizam. Boju žumanjka je moguće putem hrane dizajnirati dodatkom prirodnih ili sintetičkih ksantofila (Gerber, 2014).

Prema Feddernu i sur. (2017.) hranidba je važan čimbenik koji utječe na boju žumanjka. Boja žumanjka se određuje pomoću La Roche lepeze (slika 7.) ili putem posebnih uređaja (slika 10.). Raspon La Roche lepeze je od 1 do 15 (u novije vrijeme koristi se skala od 1 do 16), s time da je 1 pokazatelj za najsvjetliju, a 15 za najtamniju boju žumanjka (Senčić i Samac, 2017.). Prema Domaćinoviću i sur. (2015.) tamnija nijansa žute boje je poželjna boja žumanjka.

Boja žumanjka je u ovisnosti o temperaturi i vremenu skladištenja. U provedenom istraživanju Feddern i sur. (2017.) navode da je prilikom skladištenja jaja na sobnoj temperaturi došlo do smanjenja vrijednosti boje žumanjka sa 8,0 na 7,5, a kod skladištenja jaja u hladnjaku to smanjenje je iznosilo sa 7,4 na 7,1.



Slika 7. Mjerenje boje jaja (Izvor: [www.EggTester.com](http://www.EggTester.com))

Žumanjak svježih snesenih jaja je okrugao i čvrst (Jacob i sur., 2011.). Starenjem žumanjak apsorbira vodu iz bjelanjka i povećava svoju veličinu. Ovo povećanje dovodi do slabljenja vitelinske membrane i žumanjak dobiva plosnati oblik. Slabljenjem vitelinske membrane dolazi do „miješanja“ bjelanjka i žumanjka što dovodi do stvaranja pjega.

Stupanj pjegavosti žumanjka u ovisnosti je o stupnju oštećenja vitelinske membrane, što su oštećenja veća to je pojava pjegavosti izraženija (Jacob i sur. 2011.). Pjege mogu biti mesne ili krvave. Krvave pjege nastaju u jajniku, gdje prilikom otpuštanja žumanjka dolazi do pucanja malih krvnih žilica. Prema Gerberu (2014.) pojava krvavih pjega je u ovisnosti o genetskoj osnovi nesilice, starosti i češća je kod nesilica koje nesu smeđa jaja. Jacob i sur. (2011.) navode u svom istraživanju da je pojava pjegavosti žumanjka češća kod mlađih nesilica. Mesne pjege su uglavnom povezane sa bjelanjkom, a kod žumanjka se pojavljuju kao razgrađene krvave pjege ili pigmentne stanice (Gerber, 2014.).

Pojava pjega u žumanjku u ovisnosti je o temperaturi i vremenu skladištenja. Skladištenje na sobnoj temperaturi povećava mogućnost pojave pjega, a pri visokim temperaturama skladištenja to je još više izraženije (Jacob i sur., 2011.).

### 3. CILJ RADA

Cilj ovog rada je povećati sadržaj omega-3 masnih kiselina u jajima te utvrditi utjecaj hranidbe nesilica na kvalitetu jaja čuvanih u različitim uvjetima skladištenja. Važnost obogaćivanja jaja različitim funkcionalnim sastojcima zadnjih godina postala je zanimljiva jer proizvođači na tržište žele plasirati nove proizvode. Jedan od važnih funkcionalnih sastojaka su omega-3 masne kiseline, čija je uloga u prevenciji različitih kardiovaskularnih bolesti kod ljudi višestruka. Međutim, jaja s povećanim sadržajem omega-3 masnih kiselina podložnija su oksidativnim promjenama tijekom skladištenja.

U postavljanju ovog pokusa pretpostavka je da će se korištenjem posebno pripremljenih krmnih smjesa za nesilice postići povećanje sadržaja omega-3 masnih kiselina u jestivom djelu jajeta. Nadalje, pretpostavlja se da korištenje različitih krmnih smjesa za nesilice (konvencionalna hrana i hrana obogaćena omega-3 masnim kiselinama) neće negativno utjecati na kvalitetu jaja čuvanih u različitim uvjetima.



## 4. MATERIJALI I METODE RADA

### 4.1. Organizacija pokusa i hranidba nesilica

U pokusu su korištene nesilice hibridne linije Tetra SL koje su bile u 27 tjednu proizvodnje. Ovaj period proizvodnje je uzet za početak istraživanja, jer je u literaturi zabilježeno da hranidbom kokoši smjesama s povećanim sadržajem omega-3 masnih kiselina kroz duži vremenski period se može utjecati na kvalitetu ljuske, odnosno kod starijeg jata zabilježena je tanja i lomljivija ljuska. Pokusni dio obavljen je na ukupno 80 nesilica koje su podijeljene u dva hranidbena tretmana: K i O.

Nesilice hranidbenog tretmana K tijekom mjesec dana konzumirale su krmnu smjesu komercijalnog sastava, a nesilice hranidbenog tretmana O tijekom hranidbenog perioda konzumirale su smjesu dizajniranog sastava. U smjesi O povećan je sadržaj omega-3 masnih kiselina. Smjese su izbalansirane na 17,00 % sirovih proteina i 11,60 MJ/ME/kg. Nesilice su smještene u obogaćene kaveze, 40 nesilica u svakoj skupini. Hrana i voda davana je iz automatskih hranilica i pojljica *ad libitum*. U tablici 7. prikazan je sastav krmnih smjesa korištenih u pokusu. Na slici 8. prikazana je K skupina nesilica u kavezima.



Slika 8. Nesilice K skupine korištene u pokusu

Foto: Z. Kralik

Tablica 7. Sastav krmnih smjesa za nesilice (%)

Sastojak/pokusna skupina	K <sup>a</sup>	O <sup>b</sup>
Kukuruz	49,70	
Sojina sačma	20,57	
Tostirana soja	3,94	
Suncokretova sačma	5,0	
Lucerka	1,5	
Stočni kvasac	0,5	
Vapnenac	10,80	
Monokalcijev fosfat	1,32	
Sol	0,32	
Sintetički metionin	0,15	
Sojino ulje	5,0	1,01
Riblje ulje		1,33
Laneno ulje		1,33
Repičino ulje		1,33
Premiks	1,2	
Ukupno	100,00	
<b>Kemijski sastav</b>		
Vlaga	9,8	9,5
Sirovi protein	17,23	17,31
Sirova mast	7,7	7,7
Sirova vlakna	4,9	4,7
Sirovi pepeo	11,88	13,67

<sup>a</sup>Kemijske analize smjese obavljene su sljedećim referentnim metodama: HRN ISO 6496:2001; ISO 1871:2009; HRN ISO 6492:2001; RU-013-06 Modificirana HRN EN ISO 6865:2001; HRN ISO 5984:2004II spr.1:2016.

<sup>a</sup>Premix, sadržaj u 1 kg: vitamin A 2.000.000 UI, vitamin D3 500.000 UI, vitamin E 10.000 mg, vitamin K3 600 mg, vitamin B1 400 mg, vitamin B2 1.000 mg, vitamin B6 1.000 mg, vitamin B12 3.000 µg, B9 150 mg, Pantotenska kiselina 1.400 mg, B3 8.000 mg, vitamin H 12 mg, vitamin B4 100.000 mg, B5 2.400 mg, vitamin C 4.000 mg, jod 180 mg, mangan 18.000 mg, cink 14.000 mg, kobalt 30 mg, željezo 12.000 mg, bakar 1.000 mg, selen anorganski 50 mg, kalcij 238 g, fitaza 100.000 FYT, kantaksantin 500 mg, beta-apo-beta-karotinska kiselina 300 mg, antioksidant (butilhidroksi tolen) 20.000 mg

<sup>b</sup>Premix, sadržaj u 1 kg: vitamin A 2.000.000 UI, vitamin D3 500.000 UI, vitamin E 20.000 mg, vitamin K3 400 mg, vitamin B1 420 mg, vitamin B2 900 mg, vitamin B6 540 mg, vitamin B12 2.300 mg, B9 170 mg, Pantotenska kiselina 1.400 mg, B3 5.000 mg, vitamin H 17.000 µg, vitamin B4 80.000 mg, vitamin C 4.500 mg, jod 180 mg, mangan 14.000 mg, cink 12.500 mg, željezo 6.000 mg, bakar 1.000 mg, organski selen 80 mg, BHT 3.400 mg, propilgalat 1.400 mg, kantaksantin 600 mg, beta-apo-beta-karotinska kiselina 200 mg

## 4.2. Proizvodni pokazatelji nesilica

Prvog i zadnjeg dana pokusnog razdoblja nesilice su izvagane pomoću vage Viper SW (Mettler Toledo, Švicarska). Svakodnevno je tijekom pokusa bilježena proizvodnja jaja, a na kraju pokusnog razdoblja izvagana je preostala krmna smjesa da bi se utvrdila potrošnja hrane.

## 4.3. Analiza kvalitete jaja

Po završetku pokusnog razdoblja na farmi u vremenu od tjedan dana skupljani su uzorci jaja za analizu vanjske i unutarnje kvalitete odnosno svježine jaja. U tu svrhu uzeto je 150 jaja po skupini (ukupno 300 jaja). Jaja su analizirana prema shemi prikazanoj u tablici 8. Jaja su skladištena na različitim temperaturama (hladnjak 4°C i sobnoj temperaturi 22°C) prvog dana nakon uzorkovanja, te 7. odnosno 14. dana skladištenja.

Tablica 8. Shema analiziranja jaja za utvrđivanje kvalitete jaja

Hranidbeni tretman		K		O	
Temperatura skladištenja		4°C	22°C	4°C	22°C
Vrijeme analize	1 dan	50		50	
	7 dana	25	25	25	25
	14 dana	25	25	25	25
Ukupno:		75	75	75	75

Uzorkovana su jaja L razreda (63-73 g), a od pokazatelja kvalitete i svježine jaja utvrđeni su: dužina i širina jaja, indeks oblika, masa jaja, mase ljuske, bjelanjka i žumanjka, čvrstoća i debljina ljuske jaja, visina bjelanjka, boja žumanjka, Haughove jedinice (HJ), pH bjelanjka i žumanjka). Pomičnom mjerkom mjernog područja 0-300 mm/0-12" (Insize, USA) utvrđene su dužina i širina jaja, a iz tih mjera izračunat je indeks oblika prema formuli  $IO (\%) = \frac{\text{širina jaja (mm)}}{\text{dužinu jaja (mm)}} \times 100$  (Panda, 1996.). Masa jaja i njegovih osnovnih dijelova određena je koristeći elektronsku vagu Mettler Toledo (BBK 422-6 DXS, Švicarska). Debljina ljuske mjerena je na središnjem dijelu koristeći mikrometar s mjernim područjem od 0 - 25 mm (Insize, USA; slika 9.).

Čvrstoća ljuske mjerena je na središnjem djelu ljuske jaja, uporabom automatskog uređaja Eggshell Force Gauge Model-II (Robotmation Co., Ltd., Japan). Vrijednosti pH bjelanjaka i

žumanjaka izmjerene su pomoću digitalnog pH metra (Mettler Toledo, model SevenEasy). Visina bjelanjka, HJ i boja žumanjka određene su uređajem Egg Multi-Tester EMT-5200 (Robotmation Co., Ltd., Japan; slika 10.).



Slika 9. Mjerenje debljine ljuske

Foto: Z. Kralik



Slika 10. Egg Multi-Tester EMT-5200

Foto: Z. Kralik

#### 4.4. Masne kiseline u hrani i jajima

Masne kiseline određene su na ukupno 10 žumanjaka, to jest na 5 žumanjaka za svaku pokusnu skupinu, te u dva uzorka hrane. Za određivanje profila masnih kiselina korištena je metoda Csapo i sur. (1986.). Masne kiseline analizirane su na uređaju Bruker 430-GC (Billerica, MA, SAD), opremljenim s FAMEWAX (RESTEK, Bellefonte, USA) kapilarnom kolonom (30 m x 0,32 mm unutrašnji promjer, 0,25  $\mu$ m film) i plameno-ionizacijskim detektorom. Karakteristični uvjeti rada uređaja su: temperatura injektora 220 °C, temperature detektora 230 °C, protok helija 25 ml/min.

Temperaturni program pećnice bio je od 50 do 225 °C: 6,0 °C/min, 21 min na 225 °C. Za određivanje pojedinih masnih kiselina u kromatogramu korišten je standard masnih kiselina Supelco 37 Component FAME Mix. Sadržaj pojedinih SFA, MUFA i PUFA prikazani su kao postotak ukupnih masnih kiselina u lipidima hrane odnosno kao g/100g jestivog djela jaja. Profil masnih kiselina u krmnim smjesama za nesilice prikazan je u tablici 9.

Tablica 9. Profil masnih kiselina u hrani (% ukupnih masnih kiselina)

Masna kiselina/pokusna skupina	K	O
Miristinska (C14:0)	2,27	1,69
Pentadekanska (C 15:0)	0,09	0,25
Palmitinska (C16:0)	13,07	12,73
Heptadekanska (C17:0)	0,12	0,13
Stearinska (C18:0)	3,29	3,19
Arahidonska (C20:0)	0,55	0,41
Behenska (C22:0)	0,79	0,70
Lignocerinska (C24:0)	0,26	0,17
<b>SFA</b>	<b>20,43</b>	<b>19,27</b>
Palmitoleinska (C16:1)	0,20	0,51
Oleinska (C18:1n9c)	33,02	24,97
Eikozenska (C20:1n9)	0,40	0,51
Eruka (C22:1n9)	0,04	0,06
<b>MUFA</b>	<b>33,66</b>	<b>26,05</b>
Linolna (C18:2n6)	41,49	35,98
$\gamma$ -linolenska (C18:3n6)	0,29	0,32
Eikozadienska (C20:2)	0,29	0,30
Homo- $\gamma$ -Linolna (C20:3n6)	0,10	0,13
Arahidonska (C20:4n6)	0,14	0,07
Dokozadienska (C22:2n6)	0,26	0,48
<b>n-6 PUFA</b>	<b>42,57</b>	<b>37,28</b>
$\alpha$ -linolenska (C18:3n3)	3,12	13,36
Eikozatrienska (C20:3n3)	0,09	0,15
Eikozapentaenska (C20:5n3)	0,09	1,16
Dokozaheksaenska (C22:6n3)	0,04	2,74
<b>n-3 PUFA</b>	<b>3,34</b>	<b>17,40</b>
<b>n-6/n-3 PUFA</b>	<b>12,75</b>	<b>2,14</b>

K=konvencionalna hrana s 5 % sojinog ulja; O= dizajnirana uz korištenje sljedećih ulja: sojino ulje 1,01%; laneno ulje 1,33%, riblje ulje 1,33% i repičino ulje 1,33%.

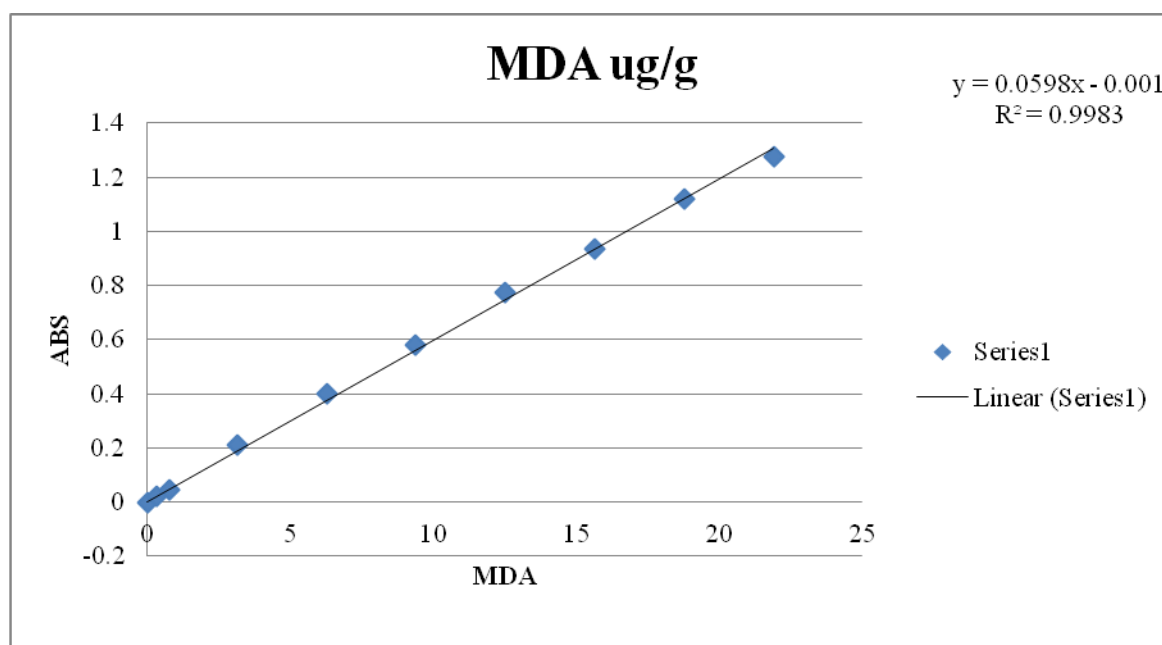
SFA=zasićene masne kiseline; MUFA=mononezasićene masne kiseline, PUFA=polinezasićene masne kiseline

#### 4.5. Oksidacija lipida u žumanjcima

Oksidacija lipida u žumanjcima svježih i čuvanih jaja određena je ukupno 50 uzoraka odnosno 25 po skupini. Uzorci za određivanje oksidacije lipida u žumanjcima pripremljeni su na sljedeći način: odvagano je 4 g žumanjka i na to je dodano 12 ml 10% trikloroctene kiseline, smjesa se homogenizira i centrifugira na 5500 rpm/min, 4 °C.

Nakon centrifugiranja, otpipetira se 2,5 ml supernatanta kojemu se doda 1,5 ml otopine tiobarbiturne kiseline (pH 2,5), epruvete se zatvore i uronjen u vodenu kupelj na 95 °C u trajanju 30 minuta. Nakon hlađenja doda se 1 ml je destilirane vode i smjesa se centrifugira na 5500 rpm/10 minuta pri temperaturi 4 °C. Sadržaj obojenog produkta koji je nastao reakcijom produkata lipidne peroksidacije s tiobarbiturnom kiselinom mjereno je spektrofotometrijski na 534 nm.

Dobivene vrijednosti uspoređene su sa standardnom krivuljom pripremljenom korištenjem standardna malondialdehidn tetrabutilamonijeve soli (Sigma-Aldrich, Švicarska), a izražene su u µg MDA/g žumanjka.



Grafikon 6. Standardna krivulja prema kojoj se izračunava sadržaj MDA u žumanjcima

#### **4.6. Statistička analiza**

Rezultati istraživanja obrađeni su uz pomoć programa TIBC Statistica™ version 13.4.0.14. (Soft Inc., ©1984-2018.). Napravljena je deskriptivna statistika i analize varijance (ANOVA). Ukoliko je P vrijednost kod analize varijance bila statistički značajna, razlike između skupina testirane su Fisherovim LSD testom.

## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Svaka prehrambena namirnica ima ograničen rok trajanja, koji ovisi o vrsti hrane i uvjetima skladištenja. Jaje je namirnica koja je vrlo kvarljiva, ukoliko se ne čuva u optimalnim temperaturnim uvjetima. Uvjeti čuvanja, a tu se prvenstveno misli na temperaturu i vrijeme čuvanja jaja, utječu na promjene u jajima jer započinju hidrolitički procesi razgradnje nutritivnih sastojaka (bjelančevine i masti).

Prema Pravilniku o kakvoći jaja (N.N. br. 115/06. i N.N. br. 76/08) u RH, jaja se na tržištu mogu držati 28 dana uz uvjet da se drže u rashladnim policama s temperaturom ne većom od +5°C. Svježina jaja usko je povezana s unutarnjom kvalitetom. Svježina jaja računa se od trenutka kada je jaje sneseno pa do trenutka njegovog korištenja.

### 5.1. Proizvodni pokazatelji nesilica

U istraživanju je korišteno 80 nesilica hibrida Tetra SL, koje su nasumičnim odabirom podijeljene u dvije pokusne skupine (K=40 nesilica i O=40 nesilica). Nesilice su vagane na početku i na kraju pokusnog razdoblja. Pokusni dio na farmi trajao je 4 tjedna. Proizvodni pokazatelji nesilica prikazani su u tablici 10.

Tablica 10. Proizvodni pokazatelji nesilica korištenih u pokusa

Pokazatelji	K	O	P vrijednost
Masa nesilica na početku istraživanja (g)	1947,27±106,17	1971,60±127,65	0,375
Masa nesilica na kraju istraživanja (g)	1987,25±111,75	1998,75±120,42	0,659
Broj nesilica	40	40	-
Konzumacija hrane (g/danu)	119,6	118,2	-
Ukupan broj jaja	1092	1116	-
Broj jaja po nesilici	27,6	27,9	-
Intenzitet nesivosti (%)	92	93	-

K= smjesa standardnog sastava s 5% sojinog ulja; O=omega smjesa sa 1,01% sojinog ulja, 1,33% riblje ulje; 1,33% repičino ulje i 1,33 laneno ulje.

Iz prikazanih rezultata je vidljivo da korišteni hranidbeni tretmani nisu imali utjecaja na masu nesilica ( $P>0,05$ ). Konzumacija hrane po nesilici bila je ujednačena u obje skupine (K=119,6 g/danu i O=118,2 g/danu). Intenzitet nesivosti bio je visok kod K skupine 92% a



kod O skupine 93%. Ukupan broj jaja po skupini tijekom 4 tjedna iznosio je 1092 jaja kod skupine K i 1116 jaja kod skupine O.

## 5.2. Pokazatelji kvalitete jaja

Na tablici 11. prikazani su rezultati utjecaja hranidbenog tretmana na masu svježih jaja i osnovnih dijelova koji su skladišteni pri različitoj temperaturi. Iz podataka je vidljivo da kod jaja čuvanih na sobnoj temperaturi hranidbeni tretman nije imao utjecaja ( $P>0,05$ ) na masu jaja ( $K=65,16$  g i  $O=65,40$  g), masu ljuske ( $K=8,04$  g i  $O=7,75$  g) kao ni na masu bjelanjka ( $K=40,08$  g i  $O=39,18$  g), dok je kod mase žumanjka utvrđena statistički značajna razlika ( $K=17,04$  g u odnosu na  $O=17,84$  g;  $P=0,019$ ).

Kod jaja čuvanih u hladnjaku utvrđena je statistički značajna razlika kod vrijednosti mase jaja, masa ljuske i mase žumanjaka ( $P<0,05$ ), a razlika u masi bjelanjka nije bila statistički značajna ( $P>0,05$ ). Vrijednosti mase jaja bile su veće u K skupini (67,27 g) u odnosu na skupinu O (65,59 g). Dobivena razlika u masi jaja između ispitivanih skupina posljedica je i utvrđenih razlika u masi osnovnih dijelova u jajima.

Tablica 11. Utjecaj hranidbenog tretmana na masu jaja i osnovnih dijelova nakon jednog dana skladištenja pri različitim temperaturama ( $\bar{x} \pm sd$ ; g)

Pokazatelji / pokusna skupina	K	O	P
	Sobna temperatura (22°C)		vrijednost
Masa jaja	65,16±2,94	65,40±2,41	0,751
Masa ljuske	8,04±0,75	7,75±0,71	0,171
Masa žumanjka	17,04±0,95 <sup>b</sup>	17,84±1,36 <sup>a</sup>	<b>0,019</b>
Masa bjelanjka	40,08±2,73	39,81±2,49	0,714
Pokazatelji / pokusna skupina	Temperatura hladnjaka (4°C)		P
Masa jaja	67,27±2,63 <sup>a</sup>	65,59±2,62 <sup>b</sup>	<b>0,028</b>
Masa ljuske	8,81±0,73 <sup>a</sup>	8,24±0,83 <sup>b</sup>	<b>0,013</b>
Masa žumanjka	17,88±1,57 <sup>a</sup>	16,56±1,07 <sup>b</sup>	<b>&lt;0,001</b>
Masa bjelanjka	40,58±2,26	40,79±2,17	0,738

K= smjesa standardnog sastava s 5% sojinog ulja; O=omega smjesa sa 1,01% sojinog ulja, 1,33% riblje ulje; 1,33% repičino ulje i 1,33 laneno ulje. Ekspozicije <sup>a,b</sup> predstavljaju utvrđenu statističku značajnost između vrijednosti prikazanih u redovima na razini  $P<0,05$ ,  $P<0,01$  i  $P<0,001$ .

Na tablici 12. prikazane su vrijednosti utjecaja hranidbenog tretmana na masu jaja i osnovnih dijelova u jajima koji su skladišteni na različitim temperaturama. Nakon analiza jaja skladištenih sedam dana na sobnoj temperaturi utvrđena je statistički značajno veća masa jaja kod K skupine u odnosu na O skupinu (64,45 g u odnosu na 62,58 g;  $P=0,016$ ). Također je uočena razlika u masi ljuske i masi bjelanjka ( $K=8,36$  g :  $O=8,02$  g ;  $P=0,014$  i  $K=38,63$  g :  $O=40,13$  g;  $P=0,013$ ). Hranidbeni tretman kod ovih jaja nije imao utjecaja na masu žumanjka ( $K=17,65$  g i  $O=17,18$  g;  $P=0,593$ ). Kod jaja skladištenih sedam dana u hladnjaku hranidbeni tretman nije imao utjecaja na ispitivane pokazatelje ( $P>0,05$ ).

Tablica 12. Utjecaj hranidbenog tretmana na masu jaja i osnovnih dijelova nakon sedam dana skladištenja pri različitim temperaturama ( $\bar{x} \pm sd$ ; g)

Pokazatelji / pokusna skupina	K	O	P
	Sobna temperatura (22°C)		vrijednost
Masa jaja	64,45±3,17 <sup>a</sup>	62,58±1,98 <sup>b</sup>	<b>0,016</b>
Masa ljuske	8,36±0,55 <sup>a</sup>	8,02±0,38 <sup>b</sup>	<b>0,014</b>
Masa žumanjak	17,45±1,53	17,67±1,29	0,593
Masa bjelanjka	38,63±2,91 <sup>a</sup>	36,89±1,74 <sup>b</sup>	<b>0,013</b>
Pokazatelji / pokusna skupina	Temperatura hladnjaka (4°C)		P vrijednost
Masa jaja	65,90±2,82	65,63±2,31	0,714
Masa ljuske	8,38±0,62	8,31±0,59	0,686
Masa žumanjka	17,65±1,28	17,18±1,23	0,190
Masa bjelanjka	39,85±2,69	40,13±1,99	0,677

K= smjesa standardnog sastava s 5% sojinog ulja; O=omega smjesa sa 1,01% sojinog ulja, 1,33% riblje ulje; 1,33% repičino ulje i 1,33 laneno ulje. Eksponenti <sup>a,b</sup> predstavljaju utvrđenu statističku značajnost između vrijednosti prikazanih u redovima na razini  $P<0,05$ ,  $P<0,01$  i  $P<0,001$ .

Na tablici 13. prikazani su rezultati utjecaja hranidbenog tretmana na masu jaja i njegovih osnovnih dijelova nakon 14 dana skladištenja jaja na sobnoj odnosno temperaturi hladnjaka. U uvjetima sobne temperature na svježim jajima nije utvrđena značajna razlika u masi jaja ( $K=63,66$ g i  $O=62,81$ g;  $P=0,260$ ), masi ljuske ( $K=8,16$  g i  $O=7,94$  g;  $P=0,217$ ) te masi bjelanjka ( $K=37,05$  g i  $O=37,47$  g;  $P=0,345$ ). Značajne razlike između dvije ispitivane skupine jaja utvrđene su kod mase žumanjaka ( $K=18,43$  g u odnosu na  $O=17,39$  g;  $P=0,004$ ).

Analizom svježih jaja koja su skladištena jedan dan u hladnjaku, nije utvrđen utjecaj hranidbenog tretmana na masu jaja i njegovih osnovnih dijelova ( $P>0,05$ ).

Tablica 13. Utjecaj hranidbenog tretmana na masu jaja i osnovnih dijelova nakon četrnaest dana skladištenja pri različitim temperaturama ( $\bar{x} \pm sd$ ; g)

Pokazatelji / pokusna skupina	K	O	P vrijednost
	Sobna temperatura (22°C)		
Masa jaja	63,66±2,44	62,81±2,34	0,260
Masa ljuske	8,16±0,58	7,94±0,67	0,217
Masa žumanjka	18,43±1,23 <sup>a</sup>	17,39±1,26 <sup>b</sup>	<b>0,004</b>
Masa bjelanjka	37,05±1,52	37,47±1,59	0,345
Pokazatelji / pokusna skupina	Temperatura hladnjaka (4°C)		P vrijednost
Masa jaja	65,26±2,87	65,24±2,28	0,974
Masa ljuske	8,54±0,71	8,26±0,51	0,121
Masa žumanjka	17,77±1,70	17,53±1,63	0,605
Masa bjelanjka	38,95±2,51	39,44±2,36	0,473

K= smjesa standardnog sastava s 5% sojinog ulja; O=omega smjesa sa 1,01% sojinog ulja, 1,33% riblje ulje; 1,33% repičino ulje i 1,33 laneno ulje. Ekspozicije <sup>a,b</sup> predstavljaju utvrđenu statističku značajnost između vrijednosti prikazanih u redovima na razini  $P<0,05$ ,  $P<0,01$  i  $P<0,001$ .

Na tablici 14. prikazan je utjecaj hranidbenog tretmana, vremena i temperature skladištenja jaja na fizikalno-kemijske pokazatelje kvalitete jaja. Iz tablice je uočeno da hranidbeni tretman ima utjecaja na indeks oblika jaja ( $P=0,022$ ), dok na ovaj pokazatelj temperatura i vrijeme skladištenja jaja kao i interakcija svih efekata nisu imali značajan utjecaj ( $P>0,05$ ). Vrijednosti indeksa oblika kretale su se od 74,94% do 76,91%.

Rezultati iz tablice pokazuju da su temperatura skladištenja i vrijeme analize imali statistički značajan utjecaj ( $P<0,001$ ) na visinu bjelanjka i vrijednosti HJ, dok hranidbeni tretman i interakcija svih efekata nisu imali utjecaj na ove pokazatelje. Proporcionalno sa smanjenjem vrijednosti visine bjelanjka smanjivala se i vrijednost HJ. Tako je pri sobnoj temperaturi (22°C) visina bjelanjka kod K skupine pala s 6,16 mm na 2,83 (14 dana), dok su vrijednosti HJ za svježa jaja bila 75,39 a skladištenjem vrijednost je pala na 40,43. Kod O skupine za svježa jaja smanjenje visine bjelanjka bilo je također uočljivo jer je vrijednost s 5,85 mm pala na 3,40, a vrijednosti HJ skladištenjem se smanjila s 73,65 na 44,16.

Skladištenjem jaja K i O skupine u hladnjaku (4°C), svježa i 14 dana skladištena također dolazi do statistički značajnog ( $P < 0,001$ ) smanjenja visine bjelanjka i vrijednosti HJ, ali u odnosu na sobnu temperaturu to smanjenje ide vrlo sporo. Za jaja skupine K visine bjelanjka prvog dana ispitivanja iznosilo je 6,36 mm, a 14. dana vrijednost se smanjila i iznosila je 5,17 mm, a vrijednosti HJ pale su s 74,55 na 66,84. Kod omega jaja visina bjelanjka smanjena je s 6,19 mm (1 dan) na 5,54 mm (14 dana), dok su vrijednosti HJ za navedeno razdoblje smanjene s 75,10 na 67,95.

Iz tablice je nadalje vidljivo da vrijeme analize utječe na boju žumanjka ( $P = 0,012$ ), a interakcija ostalih efekata nema značajan utjecaj ( $P > 0,05$ ) na ovaj pokazatelj.

Rezultati iz tablice pokazuju da je najveća vrijednost pH bjelanjka zabilježena kod skladištenih (22°C/14 dana) jaja K skupine ( $\text{pH} = 9,11$ ), dok je najmanja vrijednost pH bjelanjka izmjerena također kod svježih jaja K skupine ( $\text{pH} = 8,21$ ). Na ove dobivene razlike u vrijednosti pH bjelanjka statistički značajan utjecaj ( $P < 0,001$ ) imali su svi ispitivani efekti i njihova inetrakcija. Za omega jaja povećanje pH bjelanjka bilo je intenzivnije tijekom skladištenja (4°C/14 dana) u hladnjaku ( $\text{pH} 8,32 < 8,71$ ), nego kod skladištenja u istom vremenskom razdoblju na sobnoj temperaturi ( $\text{pH} 8,80 < 9,05$ ). Vrijednosti pH žumanjka su bile pod statističkim značajnim utjecajem ( $P < 0,001$ ) temperature skladištenja, vremena analize i interakcije svih efekata zajedno, dok na ovaj pokazatelj hranidbeni tretman nije imao utjecaja ( $P = 0,333$ ). Kod svježih jaja oba dvije skupine zabilježene su manje vrijednosti pH žumanjka u odnosu na skladištena. Veći porast pH vrijednosti žumanjka zamijećen je kod skladištenja na sobnoj temperaturi u odnosu na isto vrijeme skladištenja u hladnjaku. Najveće vrijednosti pH žumanjka od 6,45 i najmanje od 5,99 zabilježene su kod K skupine, dok su se vrijednosti pH za omega jaja kretale od 6,01 do 6,24.

Na debljinu ljuske jaja utjecaj su imali hranidbeni tretman ( $P = 0,003$ ) i vrijeme skladištenja jaja ( $P = 0,007$ ), dok temperatura skladištenja ( $P = 0,460$ ) i interakcija svih efekata nije utjecala na ovaj pokazatelj ( $P = 0,597$ ). Ljuska jaja je statistički značajno bila deblja kod K skupine (0,436 mm) u odnosu na O skupinu (0,424 mm). Skladištenjem svježih jaja na sobnoj temperaturi kod oba dvije skupine dolazi do povećanje debljine ljuske nakon 14 dana skladištenja ( $K = 0,431 - 0,452$  mm;  $O = 0,391 - 0,432$  mm). Također iz rezultata je vidljivo da pri skladištenju u hladnjaku pri istom vremenskom razdoblju (1-14 dana) dolazi do neznatnog smanjivanja debljine ljuske obe ispitivane skupine ( $K = 0,432 - 0,427$  mm;  $O = 0,429 - 0,428$  mm).

Iz rezultata u tablici vidljivo je da na čvrstoću ljuske ima značajan ( $P < 0,001$ ) utjecaj hranidbeni tretman, vrijeme analize ( $P = 0,008$ ) i interakcija svih efekata ( $P = 0,036$ ), dok

temperatura skladištenja na ovaj pokazatelj nije imala značajan utjecaj ( $P=0,618$ ). Čvrstoća ljuske jaja pri skladištenju svježa i 14 dana kretala se od  $2,92 \text{ kg/cm}^2$  do  $3,08 \text{ kg/cm}^2$  ( $22^\circ\text{C}$ ), i od  $2,88 \text{ kg/cm}^2$  do  $3,01 \text{ kg/cm}^2$  ( $4^\circ\text{C}$ ) za K skupinu, dok su se vrijednosti za O skupinu kretale od od  $2,84 \text{ kg/cm}^2$  do  $3,62 \text{ kg/cm}^2$  ( $22^\circ\text{C}$ ), i od  $3,18 \text{ kg/cm}^2$  do  $3,19 \text{ kg/cm}^2$  ( $4^\circ\text{C}$ ). Značajnije promjene ( $P<0,001$ ) u čvrstoći ljuske utvrđene su kod omega jaja, koja su bila skladištena na sobnoj temperaturi, gdje dolazi do povećanja početne čvrstoće ljuske od  $2,84 \text{ kg/cm}^2$  na  $3,62 \text{ kg/cm}^2$ .

Tablica 14. Utjecaj hranidbenog tretmana, temperature i vremena skladištenja na fizikalno-kemijske pokazatelje kvalitete jaja ( $\bar{x} \pm sd$ )

Efekti	Čimbenici	Indeks oblika %	Visina bjelanjka mm	Boja žumanjka	HJ	pH bjelanjak	pH žumanjka	Debljina Ljuske mm	Čvrstoća Ljuske kg/cm <sup>2</sup>
HT	K	75,56±2,84 <sup>b</sup>	5,09±1,57	12,54±0,74	64,42±15,5	8,71±0,35 <sup>b</sup>	6,18±0,16	0,436±0,04 <sup>a</sup>	2,99±0,63 <sup>b</sup>
	O	76,32±2,85 <sup>a</sup>	5,20±1,41	12,50±0,69	65,33±14,0	8,77±0,28 <sup>a</sup>	6,17±0,14	0,424±0,02 <sup>b</sup>	3,24±0,67 <sup>a</sup>
TS (°C)	S	75,92±2,63	4,42±1,43 <sup>b</sup>	12,45±0,79	58,08±15,7 <sup>b</sup>	8,93±0,27 <sup>a</sup>	6,21±0,19 <sup>a</sup>	0,432±0,04	3,13±0,69
	H	75,96±3,08	5,86±1,18 <sup>a</sup>	12,59±0,62	71,66±9,91 <sup>a</sup>	8,54±0,24 <sup>b</sup>	6,15±0,10 <sup>b</sup>	0,428±0,02	3,10±0,64
VA (d)	1	75,74±3,02	6,14±0,88 <sup>a</sup>	12,69±0,84 <sup>a</sup>	74,67±6,78 <sup>a</sup>	8,46±0,33 <sup>c</sup>	6,05±0,10 <sup>c</sup>	0,421±0,03 <sup>b</sup>	2,95±0,56 <sup>b</sup>
	7	76,21±2,91	5,05±1,47 <sup>b</sup>	12,40±0,69 <sup>b</sup>	65,11±12,9 <sup>b</sup>	8,85±0,22 <sup>b</sup>	6,17±0,09 <sup>b</sup>	0,434±0,03 <sup>a</sup>	3,17±0,74 <sup>a</sup>
	14	75,87±2,65	4,24±1,40 <sup>c</sup>	12,48±0,55 <sup>b</sup>	54,85±15,7 <sup>c</sup>	8,90±0,19 <sup>a</sup>	6,31±0,14 <sup>a</sup>	0,435±0,04 <sup>a</sup>	3,22±0,66 <sup>a</sup>
Interakcija	KS1	76,11±3,61	6,16±0,75	12,92±0,18	75,39±6,21	8,52±0,27 <sup>d</sup>	5,99±0,08 <sup>f</sup>	0,431±0,04	2,92±0,63 <sup>cd</sup>
	KS7	74,94±2,02	3,92±0,58	12,32±0,74	54,95±9,08	9,07±0,06 <sup>a</sup>	6,18±0,07 <sup>d</sup>	0,450±0,06	3,15±0,78 <sup>bcd</sup>
	KS14	75,45±2,29	2,83±0,61	12,40±0,50	40,43±9,55	9,11±0,03 <sup>a</sup>	6,45±0,13 <sup>a</sup>	0,452±0,06	3,08±0,71 <sup>cd</sup>
	KH1	75,02±2,44	6,36±0,79	12,60±0,50	74,55±6,54	8,21±0,27 <sup>f</sup>	6,13±0,13 <sup>e</sup>	0,432±0,02	2,88±0,53 <sup>cd</sup>
	KH7	75,90±3,39	6,10±1,20	12,48±0,65	74,36±9,36	8,57±0,04 <sup>d</sup>	6,12±0,03 <sup>e</sup>	0,426±0,02	2,89±0,59 <sup>cd</sup>
	KH14	75,95±2,97	5,17±1,17	12,52±0,58	66,84±10,9	8,73±0,04 <sup>bc</sup>	6,22±0,06 <sup>cd</sup>	0,427±0,02	3,01±0,53 <sup>cd</sup>
	OS1	75,52±2,44	5,85±0,90	12,44±0,86	73,65±7,06	8,80±0,30 <sup>b</sup>	6,01±0,09 <sup>f</sup>	0,391±0,03	2,84±0,41 <sup>d</sup>
	OS7	76,91±2,52	4,38±1,11	12,28±0,61	59,92±10,8	9,04±0,11 <sup>a</sup>	6,25±0,08 <sup>c</sup>	0,434±0,02	3,20±0,72 <sup>bc</sup>
	OS14	76,59±2,34	3,40±0,37	12,36±0,56	44,16±7,24	9,05±0,06 <sup>a</sup>	6,32±0,14 <sup>b</sup>	0,432±0,02	3,62±0,62 <sup>a</sup>
	OH1	76,33±3,41	6,19±1,01	12,80±0,64	75,10±7,52	8,32±0,11 <sup>e</sup>	6,08±0,05 <sup>e</sup>	0,429±0,02	3,18±0,61 <sup>bcd</sup>
	OH7	77,06±3,16	5,81±1,55	12,52±0,77	71,18±11,9	8,72±0,07 <sup>bc</sup>	6,12±0,09 <sup>e</sup>	0,428±0,03	3,44±0,77 <sup>ab</sup>
OH14	75,51±2,91	5,54±0,88	12,64±0,56	67,95±9,56	8,71±0,06 <sup>c</sup>	6,24±0,08 <sup>c</sup>	0,428±0,02	3,19±0,64 <sup>bcd</sup>	
HT		<b>0,022</b>	0,342	0,684	0,383	<b>&lt;0,001</b>	0,333	<b>0,003</b>	<b>&lt;0,001</b>
TS		0,905	<b>&lt;0,001</b>	0,088	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,460	0,618
VA		0,497	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,012</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,007</b>	<b>0,008</b>
HTxTSxVA		0,074	0,273	0,268	0,125	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,597	<b>0,036</b>

HT=hranidbeni tretman (K=konvencionalna hrana i O=omega dizajnirana smjesa); TS=temperatura skladištenja (hladnjak 4°C i sobna 22 °C); VA=vrijeme analize (1 dan, 7 dana i 14 dana skladištenja)

Eksponenti <sup>a,b,c,d,e,f</sup> predstavljaju utvrđenu statističku značajnost između vrijednosti prikazanih u stupcima na razini P<0,05, P<0,01 i P<0,001.

### 5.3. Profil masnih kiselina u žumanjcima jaja

Na tablici 15. prikazani su profili masnih kiselina u lipidima žumanjaka K i O pokusnih skupina (% u sumi masnih kiselina). Iz tablice je vidljivo da je ukupni sadržaj SFA statistički značajno veći ( $P < 0,001$ ) u K skupini u odnosu na O skupinu (35,28:30,92).

Tablica 15. Profili masnih kiselina u lipidima žumanjaka K i O pokusnih skupina (% u sumi masnih kiselina)

Masne kiseline	K ( $\bar{x} \pm sd$ )	O ( $\bar{x} \pm sd$ )	P
Miristinska (C 14:0)	0,35±0,02 <sup>a</sup>	0,31±0,02 <sup>b</sup>	<b>0,018</b>
Pentadekanska (C 15:0)	0,18±0,02	0,21±0,01	0,054
Palmitinska (C 16:0)	22,9±1,23 <sup>a</sup>	19,51±1,41 <sup>b</sup>	<b>0,003</b>
Heptadekanska (C 17:0)	0,39±0,04	0,34±0,03	0,104
Stearinska (C 18:0)	8,10±1,32	7,10±0,83	0,794
Arahidonska (C 20:0)	0,17±0,04	0,16±0,02	0,744
Heneikozanska (C 21:0)	0,12±0,02	0,13±0,04	0,642
Trikozanska (C 23:0)	3,02±0,25	2,35±0,68	0,073
<b>ΣSFA</b>	<b>35,28±1,01<sup>a</sup></b>	<b>30,92±0,56<sup>b</sup></b>	<b>&lt;0,001</b>
Miristoleinska (C 14:1)	0,19±0,01	0,17±0,02	0,125
Palmitoleinska (C 16:1)	2,48±0,30 <sup>a</sup>	1,83±0,08 <sup>b</sup>	<b>0,002</b>
Elaidinska (C 18:1n9t)	0,02±0,002	0,02±0,002	0,264
Oleinska (C 18:1n9c)	37,54±1,69	39,65±1,17	0,051
Eikozenska (C 20:1n9)	0,24±0,03	0,26±0,02	0,195
Eruka (C 22:1n9)	0,33±0,04	0,35±0,05	0,519
<b>ΣMUFA</b>	<b>40,81±1,81</b>	<b>42,29±1,21</b>	0,168
Linolna (C 18:2n6c)	19,47±1,74	17,7±1,08	0,100
γ-linolenska (C 18:3n6)	0,25±0,02	0,22±0,01	0,064
Eikozadienska (C 20:2n6)	0,29±0,07	0,31±0,08	0,716
Eikozatrienska (C 20:3n6)	0,38±0,03 <sup>a</sup>	0,35±0,2 <sup>b</sup>	<b>0,044</b>
Arahidonska (C 20:4n6)	0,59±0,05	0,61±0,040	0,563
Dokozadienska (C 22:2n6)	0,28±0,05	0,26±0,01	0,417
<b>Σ n-6 PUFA</b>	<b>21,28±1,76</b>	<b>19,53±1,10</b>	<b>0,096</b>
α-linolenska (C 18:3n3)	1,10±0,12 <sup>b</sup>	4,65±0,24 <sup>a</sup>	<b>&lt;0,001</b>
Eikozatrienska (C 20:3n3)	0,02±0,005	0,03±0,008	0,267
Eikozapentaenska (C 20:5n3)	0,06±0,01 <sup>b</sup>	0,19±0,03 <sup>a</sup>	<b>&lt;0,001</b>
Dokozaheksaenska (C 22:6n3)	1,42±0,12 <sup>b</sup>	2,36±0,18 <sup>a</sup>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Σ n-3 PUFA</b>	<b>2,61±0,21<sup>b</sup></b>	<b>7,23±0,11<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Σn-6 PUFA / Σ n-3 PUFA</b>	<b>8,17±0,87<sup>a</sup></b>	<b>2,69±0,11<sup>b</sup></b>	<b>&lt;0,001</b>

K=konvencionalna hrana; O=omega dizajnirana smjesa; EkspONENTI <sup>a,b</sup> pokazuju razliku između vrijednosti prikazanih u redovima na razini značajnosti  $P < 0,05$

Od ostalih SFA zabilježen je značajno veći sadržaj miristinske i palmitinske masne kiseline također u K skupini u odnosu na O skupinu, dok kod ostali SFA nije bilo statističkih značajnih razlika.

U ukupnom sadržaju MUFA u K skupini u odnosu na O skupinu (40,81:42,29) nema statističkih značajnih razlika ( $P>0,168$ ). Od pojedinačnih MUFA zabilježen je statistički značajno veći ( $P<0,002$ ) sadržaj palmitoleinska (C 16:1) kiseline u K skupini. Statistički značajno veći ( $P<0,044$ ) sadržaj eikozatrienska kiseline (C 20:3n6) bio je u K skupini u odnosu na O skupinu. Ukupni sadržaj n-6 PUFA također je bio statistički značajno veći ( $P<0,096$ ) u K skupini u odnosu na O skupinu.

U sadržaju n-3 PUFA zabilježeni su statističko značajno veći ( $P<0,001$ ) sadržaji  $\alpha$ -linolenska (C 18:3n3), eikozatrienska (C 20:3n3), i dokozaheksaenska (C 22:6n3) kiseline u O skupini u odnosu na K skupinu. Ukupni sadržaj n-3 PUFA (2,61:7,23) također je bio statistički značajno veći ( $P<0,001$ ) u O skupini u odnosu na K skupinu. Statistički značajne razlike ( $P<0,001$ ) također su utvrđene u omjeru ukupnih n-6/n-3 PUFA, koji je bio povoljniji kod O skupini u odnosu na K skupinu (2,69:8,17)

#### 5.4. Oksidacija lipida u žumanjcima jaja

Na tablici 16. prikazane su TBARS vrijednosti u žumanjcima jaja ispitivanih skupina. Jaja su analizirana u tri vremenska razdoblja kao svježa, te nakon 7 odnosno 14 dana skladištenja u hladnjaku odnosno na sobnoj temperaturi. Iz rezultata je vidljivo da hranidbeni tretman ( $P=0,306$ ), temperatura čuvanja jaja ( $P=0,938$ ) kao i vrijeme analize ( $P=0,503$ ) nemaju statistički značajan utjecaj na vrijednosti TBARS-a. Također ni interakcija svih navedenih čimbenika nije statistički značajno utjecala na TBARS vrijednosti u jajima ( $P=0,179$ ).

No ukoliko promatramo vrijednosti prikazane u tablici možemo uočiti da su utvrđene vrijednosti TBARS u žumanjcima konvencionalno proizvedenih jaja nešto veće sedmog odnosno četrnaestog dana kod jaja skladištenih na sobnoj temperaturi (1,400  $\mu\text{g}$  MDA/g odnosno 1,618  $\mu\text{g}$  MDA/g), dok je kod omega-3 jaja oksidacija u žumanjcima intenzivnija kod svježih jaja čuvanih na sobnoj temperaturi odnosno u hladnjaku. Masti su po kemijskom sastavu triacilgliceroli odnosno esteri masnih kiselina s trovalentnim alkoholom glicerolom.



Tablica 16. Vrijednosti oksidacije lipida u žumanjcima ispitivanih skupina (MDA  $\mu\text{g/g}$  uzorka)

Utjecaj	Čimbenici	TBARS ( $\bar{x} \pm \text{sd}$ )
HT	K	1,338 $\pm$ 0,31
	O	1,266 $\pm$ 0,26
TS ( $^{\circ}\text{C}$ )	S	1,299 $\pm$ 0,29
	H	1,305 $\pm$ 0,27
VA (d)	1	1,249 $\pm$ 0,21
	7	1,349 $\pm$ 0,29
	14	1,308 $\pm$ 0,34
Interakcija	KS1	1,146 $\pm$ 0,12
	KS7	1,400 $\pm$ 0,24
	KS14	1,618 $\pm$ 0,39
	KH1	1,130 $\pm$ 0,12
	KH7	1,436 $\pm$ 0,34
	KH14	1,300 $\pm$ 0,33
	OS1	1,343 $\pm$ 0,22
	OS7	1,265 $\pm$ 0,28
	OS14	1,025 $\pm$ 0,13
	OH1	1,378 $\pm$ 0,28
	OH7	1,297 $\pm$ 0,36
OH14	1,288 $\pm$ 0,21	
HT		0,306
TS		0,938
VA		0,503
HT x TS x VA		0,179

HT=hranidbeni tretman (K=konvencionalna hrana i O=omega dizajnirana smjesa); TS=temperatura skladištenja (hladnjak  $4^{\circ}\text{C}$  i sobna  $22^{\circ}\text{C}$ ); VA=vrijeme analize (1 dan, 7 dana i 14 dana skladištenja)

S obzirom da je razgradnja masti ili oksidacija brza lančana reakcija, u kojoj se masti razgrađuju na niže masne jedinice, razgradnja masti odnosno oksidacija ovisi o zasićenosti masnih kiselina, stoga se pretpostavlja da je oksidacija u prvim danima skladištenja jaja intenzivnija kod omega-3 jaja (skupina O) u odnosu na konvencionalno proizvedena jaja (skupina K) neovisno o temperaturi.

## 6. RASPRAVA

Jaje je animalna namirnica koja ima visok sadržaj hranjivih tvari i višenamjensku upotrebu. Ona su najekonomičniji izvor kvalitetnih bjelančevina i minerala, a posjeduju i vrlo dobru kombinaciju esencijalnih aminokiselina. (Abeyrathne i sur., 2013.). Masne kiseline, posebno esencijalne masne kiseline, dobivaju na važnosti u sustavima hranjenja peradi ne samo za poboljšanje zdravlja i produktivnosti ptica, već i zbog našeg zdravstveno osviještenog društva koje preferira pravilno uravnoteženu prehranu kako bi umanjilo štetne zdravstvene probleme.

Ceylan i sur. (2011.) proučavali su utjecaj hranidbe kokoši nesilica posebno dizajniranim smjesama s dodatka ulja soje, ribe, repice ili lana u dvije razine 1,5% i 3,0%. Hranidba kokoši trajala je 12 tjedana. Nakon ovog hranidbenog perioda autori su došli do zaključka da korišteni hranidbeni tretmani nemaju statistički značajan utjecaj na proizvodnju jaja, težinu jaja i unos hrane ( $P > 0,05$ ). Ovi rezultati su u skladu s istraživanjem Omidi i sur. (2015.) koji su tijekom devet tjedana hranidbe različitim uljima (riblje, maslinovo, sojino, repičino i sjemenke grožđa) u koncentraciji od 3% došli do zaključka da proizvodni rezultati kokoši nesilica nisu pod značajnim ( $P > 0,05$ ) utjecajem hranidbe. Hargis i sur. (1991.) također su proveli istraživanje hranidbe nesilica obogaćenim krmnim smjesama sa ribljim uljem u koncentraciji od 3% kroz 18 tjedana i došli do istog zaključka da ovakva dizajnirana hranidba ne utječe na proizvodne rezultate kokoši nesilica u vidu proizvodnje jaja i same težine jaja.

Suprotno od ovih rezultata Küçükersan i sur. (2010.) navodi da su intenzitet nesivosti i težina jaja bili značajno ( $P < 0,05$ ) viši kod nesilica hranjenih s 3% sojinog ulja, dok konzumacija hrane nije bila pod značajnim utjecajem ( $P > 0,05$ ). Rezultati našeg istraživanja ukazuju da korišteni hranidbeni tretmani (K= komercijalna krmna smjesa; 5% sojinog ulja i O=krmna smjesa dizajniranog sastava; sojino ulje 1,01%, riblje ulje 1,33%, laneno ulje 1,33% i repičino ulje 1,33%.) kroz 4 tjedna nisu imali utjecaja na masu nesilica, konzumaciju hrane, ukupan broj jaja i intenzitet nesivosti, koji je bio visok, i kod K skupine iznosio 92% a kod O skupine 93%.

Oblik jaja važan je pokazatelj kvalitete jaja jer što su jaja pravilnijeg - jajolikog oblika, oštećenja ljuske tijekom razvrstavanja jaja u razrede, pakiranje u ambalažu i transporta su minimalna. Oštećenja ljuske jaja najčešće su u obliku manjih napuknuća, uslijed čega dolazi do brže razgradnje unutarnjeg sadržaja. Nikolova i Kocevski (2006.) navode da jaja s indeksom 72% imaju duguljast, a s indeksom 76% okruglast oblik. Jaja čija se vrijednost

indeksa oblika kreće oko 74% imaju takozvani jajoliki oblik. Vrijednosti indeksa oblika u našem istraživanju upućuju da su oblikom jaja okruglastijeg oblika.

Promjene koje se javljaju u jajima tijekom skladištenja su različite, a najviše se odnose na promjene nastale u unutrašnjem sadržaju jajeta. promjene se odnose na povećanje pH vrijednosti, smanjenje visine bjelanjka, slabljenje i rastezanje vitelinske membrane te povećavanje tekućeg dijela žumanjka (Karoui i sur., 2005.). S obzirom da su visina bjelanjka i HJ važni pokazatelji svježine jaja, iz dobivenih rezultata našeg istraživanja uočeno je da na ove vrijednosti statistički značajan utjecaj ( $P < 0,001$ ) ima vrijeme i temperatura skladištenja. Smanjivanjem vrijednosti visine bjelanjka proporcionalno se smanjivala i vrijednost HJ. Skladištenjem svježih jaja na sobnoj temperaturi tijekom 14 dana dolazi do smanjenja visine bjelanjka i to kod K skupine s 6,16 mm na 2,83 mm, a kod O skupne s 5,85 mm na 3,40mm. Pad vrijednosti visine bjelanjka doveo je do pada vrijednosti HJ kod K skupine one su s visokih 75,39 došle na 40,43, a kod O skupne s 73,65 pale su na 44,16.

Slična zapažanja iznose i Akter i sur. (2014) te ističu da tijekom skladištenja jaja na sobnoj temperaturi u odnosu na hladnjak dolazi do statistički značajnog ( $P < 0,05$ ). smanjenja vrijednosti HJ. Nadalje, Lee i sur. (2016.) utvrdili su da vrijeme i temperatura skladištenja jaja utječu na vrijednosti visine bjelanjka i HJ. Navedeni autori ističu da je temperatura skladištenja jaja imala značajan utjecaj na vrijednosti HJ kod jaja skladištenih 30 dana. Vrijednosti HJ kod jaja skladištenih 30 dana na temperaturi od 2°C smanjene su s 91,5 na 84,6; pri temperaturi od 12°C na 70,7; a pri temperaturi od 25°C HJ smanjile su se na svega 32.

Samli i sur. (2005.) također navode statistički značajno ( $P < 0,001$ ) smanjenje visine bjelanjka i vrijednosti HJ tijekom skladištenja jaja na 5°C tijekom 10 dana. Visina bjelanjka smanjena je s 8,56 mm za svježja jaja na 6,18 mm, dok su vrijednosti HJ s 91,37 za svježja jaja smanjene na 76,27 kod skladištenih jaja. U svom istraživanju Tabidi i sur. (2011.) isto potvrđuju sttistički značajno ( $P < 0,05$ ) smanjenje vrijednosti visine bjelanjka i HJ kod jaja skladištenih 15 dana na 5 °C. U navedenom istraživanju autori su zabilježili da se visina bjelanjka smanjila s 8,54 mm na 6,41 mm, a vrijednosti HJ s 92,26 na 79,41. Kao zaključak svog istraživanja autori navode da bi se jaja trebala čuvati u hladnjaku do 28 dana, a pri sobnoj temperaturi ne više od 14 dana. Skladištenjem jaja tijekom 28 dana u hladnjaku Kralik i sur. (2014.) primijetili su značajno ( $P < 0,05$ ) smanjenje visine bjelanjka i vrijednosti HJ. Dobiveni rezultati našeg istraživanje potvrđuju rezultate navedenih autora, i u skladu su s tvrdnjama da duže vrijeme i veća temperatura skladištenja ima značajan utjecaj na smanjenje

visine bjelanjka i vrijednosti HJ. Gore navedeni autori u istom radu navode da se kod konvencionalno proizvedenih jaja njihovim skladištenjem na 4°C u hladnjaku smanjuje vrijednosti boje žumanjka (svježa=8,70 skladištena=7,86;  $P<0,05$ ), dok se vrijednost boje žumanjka kod omega-3 jaja skladištenjem povećava (svježa=12,90 odnosno skladištena=13,10;  $P>0,05$ ). Vrijednosti boje žumanjka svježih jaja koje autori navode za omega-3 jaja sukladni su rezultatima naše O skupine, dok su za konvencionalno proizvedena jaja naši rezultati za boju žumanjka daleko bolji. Također autori su utvrdili da skladištenjem jaja kod omega skupine dolazi do intenzivnije boje žumanjak, što nije suglasno našim rezultatima. Međutim kod kontrolne skupine navedeni autori ističu da kod skladištenih jaja žumanjak postaje svjetliji, što je primijećeno i našem slučaju.

Ova promjena u boji žumanjka mogla bi se pripisati razrjeđivanju žumanjku što se događa kao posljedica vremena i temperature skladištenja jaja. Jones i Musgrove (2005.) navodi da se pri višim temperaturama skladištenja jaja brže razgrađuju strukture proteina u bjelanjku, a događa se i degradacija svih membrana, te voda iz bjelanjka ulazi u žumanjak koji postaje rjeđi, a koncentracija pigmenta se smanjuje što utječe na boju žumanjka. Utjecaj temperature i dužine skladištenja jaja na boju žumanjka potvrdili su Jin i sur. (2011.).

Čuvanjem jaja u njegovom jestivom dijelu događaju se različite promjene, povećava se pH vrijednosti bjelanjka, uslijed gubitka CO<sub>2</sub>, a povećava se i suha tvar (Samli i sur., 2005.). Kod svježeg jajeta pH žumanjka iznosi oko 6,0 dok je pH bjelanjka u prosjeku 7,6 (Kralik i sur., 2008.a). Temperatura skladištenja jaja značajno utječe na očuvanje njihove svježine. Tako se pri višim temperaturama skladištenja jaja brže povećava pH vrijednost žumanjka i bjelanjka. Neki autori upućuju da je povećanje vrijednosti pH žumanjka više pod utjecajem vremena skladištenja nego temperature (Samil i sur., 2005. i Jin i sur., 2011.). Kralik (1976.) iznosi promjene pH vrijednosti bjelanjka i žumanjka jaja čuvanih na različitim temperaturama, i navodi da su pH vrijednosti nakon devetodnevnog čuvanja na temperaturi od 4°C za pH bjelanjka 8,89 a za pH žumanjak 6,05 u odnosu na jaja čuvana na temperaturi od 20°C čiji je pH bjelanjka bio 8,95 a pH žumanjka 6,10. Dobiveni rezultati našeg istraživanja pokazuju značajnu ( $P<0,001$ ) povezanost temperature i vremena skladištenja koji se očituju u povećanju vrijednosti pH bjelanjka i žumanjka sa povećanjem temperature skladištenja.

Od ostalih pokazatelja u našem istraživanju rezultati pokazuju da su hranidbeni tretman i vrijeme skladištenja jaja imali utjecaj na debljinu i čvrstoću ljuske. Na dobivene razlike u vrijednostima čvrstoće ljuske kod ispitivanih jaja utjecaj je imala još i interakcija svih efekata ( $P=0,036$ ). Debljina ljuske za jaja K skupine tijekom skladištenja na sobnoj temperaturi u

vremenu od 1 do 14 dana kretala se od 0,431 mm do 0,452 mm, pri istim uvjetima za jaja skupine O te su vrijednosti iznosile od 0,391 mm do 0,432 mm. Skladištenjem na sobnoj temperaturi došlo je do povećanje debljine ljuske jaja kod oba dvije ispitivane skupine. Naši rezultati su u suprotnosti s rezultatima Kralik i sur. (2007) koji nisu utvrdili utjecaj vremena skladištenja na debljinu ljuske kod omega jaja.

Suprotno od sobne temperature skladištenja, iz rezultata je vidljivo da pri skladištenju u hladnjaku pri istom vremenskom razdoblju (1-14 dana ) dolazi do neznatnog smanjivanja debljine ljuske obje ispitivane skupine (K=0,432-0,427 mm; O=0,429-0,428 mm). Ovi rezultati za omega jaja su u skladu s istraživanjem Kralik i sur. (2014.) koji su utvrdili deblju ljusku (0,377 mm) kod svježih jaja u odnosu na ista jaja koja su bila skladištena 28 dana u hladnjaku (0,365 mm). U našem istraživanju ljuska jaja je statistički bila deblja kod K skupine (0,436 mm) u odnosu na O skupinu (0,424 mm). Prema navodima Kralik i sur. (2008.) potrebna debljina ljuske jaja za nesmetano rukovanje i transport treba biti u vrijednostima od 0,330 do 0,340 mm. Dobivene vrijednosti debljine ljuske u našem istraživanju su veće od preporučenih. Čvrstoća ljuske jaja tijekom vremena skladištenja od 1. do 14. dana, kretala se od 2,92 kg/cm<sup>2</sup> do 3,08 kg/cm<sup>2</sup> (22°C), i od 2,88 kg/cm<sup>2</sup> do 3,01 kg/cm<sup>2</sup> (4°C) za K skupinu, dok su se vrijednosti za O skupinu kretale od 2,84 kg/cm<sup>2</sup> do 3,62 kg/cm<sup>2</sup> (22°C), i od 3,18 kg/cm<sup>2</sup> do 3,19 kg/cm<sup>2</sup> (4°C).

Đukić Stojčić i Perić (2018.) u svom istraživanju navode da tijekom 28 dana skladištenja u hladnjaku nije došlo do značajnijeg slabljenja čvrstoće ljuske jaja. Jones i Musgrove (2005.) također navode da vrijeme skladištenja ne utječe na čvrstoću ljuske. Rezultati našeg istraživanja za omega jaja nisu u skladu s ovim rezultatima, jer je tijekom skladištenja od 14 dana na sobnoj temperaturi utvrđena statistički značajno veća čvrstoća ljuske jaja u odnosu na ljuske jaja mjerenih u ostalim razdobljima analize.

U našem istraživanju proučavali smo utjecaj hranidbe na kvalitetu jaja tijekom skladištenja na različitim temperaturama. Rezultati našeg istraživanja pokazuju da hranidbeni tretman pri sobnoj temperaturi skladištenja kod svježih jaja nije imao utjecaj na masu jaja, ljuske i bjelanjka (1 i 14 dana) te žumanjka (7 dana), dok je kod mase žumanjka utvrđena statistički značajna razlika  $P=0,019$  (1dan) i  $P=0,004$  (14 dana). Pri skladištenju svježih jaja u hladnjaku hranidbeni tretman nije imao utjecaja na masu bjelanjka (1 dan) masu jaja, ljuske, bjelanjka i žumanjka (7 i 14 dana), dok je kod mase jaja, ljuske i žumanjka (1 dan) utvrđena statistički značajna razlika ( $P>0,05$ ). Vrijednosti mase jaja bile su veće u K skupini (67,27 g) u odnosu na skupinu O (65,59 g). Akter i sur. (2014.) navode da je utvrđena značajna razlika

u masi jaja tijekom perioda skladištenja ( $P < 0,05$ ). Također navedeni autori ističu da je na gubitak u masi jaja utjecaj imala i temperatura skladištenja. Ovakve rezultate u svojim istraživanjima dobili su i Altan i sur. (1998.), Samli i sur. (2005.) te Alsobayel i Albadry (2011.). Skladištenjem jaja na  $21^{\circ}\text{C}$  dolazi do značajnog gubitka mase jaja, tijekom 5 dana iznosio je 0,65 g, a tijekom 10 dana taj gubitak se povećao na 1,05 g. Povećanjem temperature skladištenja na  $29^{\circ}\text{C}$ , Samli i sur. (2005.) dobili su još više izraženiji gubitak mase jaja, koji je iznosio 1,30 i 1,94 g.

Skladištenjem u hladnjaku pri temperaturi od  $4^{\circ}\text{C}$  dolazi do značajno ( $P < 0,05$ ) manjeg gubitka mase jaja nego na sobnoj temperaturi (Akter i sur., 2014.). Međutim unatoč skladištenju u hladnjaku povećanjem vremena skladištenja (28 dana) dolazi do znatnog gubitka mase jaja ( $P < 0,05$ ). Tijekom prvog tjedna gubitak mase jajeta iznosio je samo 0,18g, u drugom i trećem tjednu taj gubitak je iznosio 0,72g, dok je ukupan gubitak mase jaja u četvrtom tjednu iznosio oko 1g (Đukić Stojčić i Perić, 2018.).

U peradarskoj proizvodnji, prednost upotrebe ulja u hranidbi ogleda se u boljoj homogenizaciji krmnih smjesa koje su u većini slučajeva brašnaste strukture. Također dodatak ulja u smjese utječe i na poboljšanje hidrolize i apsorpcije lipoproteina. Ulja su glavni izvor energije za perad i imaju najveću kalorijsku vrijednost među ostalim hranjivim tvarima, a mogu poboljšati i apsorpciju Ca kao i vitamina topivih u mastima (E i A). Štoviše, brzina prolaska hrane kroz gastrointestinalni trakt može se smanjiti s naknadnom boljom apsorpcijom svih hranjivih sastojaka (Poorghasemi i sur. 2013.).

Omega-3 i omega-6 masne kiseline važne su komponente staničnih membrana mijelina (79%), stanica jetre (52%), eritrocita (43%) i unutrašnje membrane mitohondrija (24%). Nedostatkom PUFA u prehrani ova tkiva su najizloženija promjenama (Katalenić 2007.). Omega-3 PUFA su nužne za normalan rast i razvoj, imaju zaštitnu ulogu u prevenciji i liječenju kardiovaskularnih bolesti, hipertenzije, psorijaze i reumatoidnog artritisa, dok omega-6 PUFA pridonose snižavanju ukupnog i LDL- kolesterola u krvi (Kaić-Rak i Mesaroš, 2000.). Postizanje uravnoteženog omjera n-6/n-3 u prehrani je ključno za normalan rast i razvoj, i kao takav bi trebao doprinijeti smanjenju kardiovaskularnih bolesti i drugih kroničnih oboljenja i poboljšati mentalno zdravlje (Simopoulos, 2000.). Neuravnotežena prehrana i prevelik unos n-6 PUFA dovelo je tijekom ljudske evolucije do povećanja procijenjenog prijašnjeg omjera n-6/n-3 sa 1:1, na 10:1 ili 20:25 (Simopoulos 1991.). Ove masne kiseline važne su za zdravlje i normalno fiziološko funkcioniranje svih živih organizama.

Ne mogu se sve masne kiseline proizvesti endogeno zbog nepostojanja određenih desaturaza, te ih je potrebno unositi hranom. U prehrani ljudi glavni izvor omega-3 masnih kiselina su biljna ulja i riba. Biljna ulja su ujedno i glavni izvor  $\alpha$ -linolenske (LNA, C18:3n-3) kiseline. LNA je također prisutna u zelenom lisnatom povrću kao što je npr. špinat te u sjemenkama oraha, lana, uljane repice itd. (Simopoulos, 2002.). Riblje ulje je jedan od najboljih izvora n-3 PUFA i bogati je izvor DHA i EPA (Ceylan i sur., 2011.)

Čovjek i drugi sisavci ne mogu sintetizirati LA u AA i AA u LNA i DHA već ih je potrebno unositi u organizam putem hrane (Simopoulos 1991.). Peradarski proizvodi postali su primarni izvor dugolančanih polinezasićenih masnih kiselina, a jedno od najučinkovitijih rješenja je povećati sadržaj PUFA u peradarskim proizvodima prilagodbom sadržaja-profila masnih kiselina u krmnim smjesama peradi.

Dodatkom različitih biljnih i ribljeg ulja u hranidbu peradi poprilično se lako utječe na poboljšanje profila masnih kiselina u žumanjcima jaja. Od biljnih ulja u hranidbi nesilica najčešće se koriste razne kombinacije repičinog, sojinog i lanenog ulja uz dodatak ribljeg ulja. Ovakvom dizajniranom hranidbom ostvaruju se povećanje ukupnog i pojedinačnog sadržaja n-3 PUFA uz istovremeno smanjenje n-6 PUFA čime dobivamo povoljniji i prihvatljivi niži omjer n-6/n-3 masnih kiselina. Kralik i sur. (2007.) u svom istraživanju navode da se sadržaj n-6 PUFA u žumanjcima jaja smanjuje povećanjem udjela ribljeg, a smanjenjem repičinog ulja u hrani za nesilice, dok se sadržaj n-3 PUFA smanjuje kod hranidbe nesilica s većim udjelom sojinog i repičinog ulja.

Meluzzi i sur. (2000.) navode da su dovoljna dva tjedna hranidbe krmnim smjesama koje su obogaćene ribljem uljem koje sadrži visoki sadržaj EPA i DHA da bi se postigla veća koncentracija n-3 PUFA u žumanjcima jajeta. Hargis i sur. (1991.) su već nakon 1 tjedna hranidbe kokoši nesilica s dodatkom 3% ribljeg ulja uspjeli postići smanjenje AA i povećanje EPA u žumanjcima jaja, dok su nakon 2 tjedna iste hranidbe uspjeli značajno povećati udio DPA i  $\alpha$ LNA.

U provedenom istraživanju uspjeli smo sa dizajniranim omega krmnim smjesama (sojino ulje 1,01%, riblje ulje 1,33%, laneno ulje 1,33% i repičino ulje 1,33%) povećati ukupni udio n-3 PUFA (2,61:7,23) koji je bio statistički značajno veći ( $P < 0,001$ ) u O skupini u odnosu na K skupinu. U O skupini u odnosu na K skupinu također su utvrđene statistički značajne razlike ( $P < 0,001$ ) između omjera ukupnog sadržaja n-6/n-3 PUFA (2,69:8,17). Hargis i sur. (1991.) su u svom istraživanju uspjeli smanjiti početni visoki omjer n-6/n-3 PUFA sa 18 u kontrolnoj skupini na 3 u skupini koja je hranjena s 3% ribljeg ulja. Naši rezultati su u skladu

sa rezultatima istraživanja Škrtića i sur. (2007.), Kralik i sur. (2008.c.), Meluzzi i sur. (2000.), Hargis i sur. (1991.) te Baucells i sur. (2000.), koji su koristili repičino ili riblje ulje u hranidbi nesilica i dobili značajno povećanje EPA, DHA i LNA, uz povoljniji omjer n-6/n-3 PUFA u žumanjcima jaja u odnosu na kontrolnu skupinu hranjenu samo dodatkom sojinog, suncokretovog ulja ili bez dodataka u hranidbi.

Jedna od bitnih promjena koja nastaje kod jaja tijekom skladištenja je i lipidna oksidacija masti u žumanjcima. Iz dobivenih TBARS rezultata u našem istraživanju vidljivo je da hranidbeni tretman, temperatura čuvanja jaja kao i vrijeme analize nemaju statistički značajan utjecaj na vrijednosti TBARS-a ( $P=0,306$ ;  $P=0,938$ ;  $P=0,503$ ). Međutim prikazanom interakcijom navedenih efekata možemo uočiti da oksidacija lipida u žumanjcima kod konvencionalno proizvedenih jaja bila je intenzivnija sedmog odnosno četrnaestog dana, dok je kod omega-3 jaja oksidacija u žumanjcima bila intenzivnija kod svježih jaja, a skladištenjem se smanjivala ( $P=0,179$ ).

Ovaj porast vrijednosti TBARS je vidljiv ali nije značajan, što je u suprotnosti sa istraživanjem Akter i sur. (2014) koji su utvrdili značajan utjecaj ( $P<0,05$ ) vremena skladištenja tijekom 28 dana na porast TBARS vrijednosti u žumanjcima pri temperaturi skladištenja od  $4^{\circ}\text{C}$ . Navedeni autori u istraživanju su koristili jaja koja su skupljali na dnevnoj bazi te su ih skladištili na  $4^{\circ}\text{C}$  i  $28-31^{\circ}\text{C}$  kroz vremenski period od 7, 14, 21 i 28 dana. Iz dobivenih rezultata, utvrđeno je da se lipidna oksidacija u žumanjcima povećala na onim uzorcima koji su bili skladišteni na visokoj temperaturi ( $28-31^{\circ}\text{C}$ ).

Kao razlog povećanja oksidacije navodi se utjecaj temperature koji je potaknuo razgradnju jestivog djela jaja, a pretpostavka je da je na intenzitet oksidacije utjecala i nešto manji sadržaj vitamina E u žumanjku. S navedenim zaključcima gore spomenutih autora sukladni su i zaključci koje navode Kralik i sur. (2014.). Ovi autori ističu da jaja skladištena na temperaturi od  $+4^{\circ}\text{C}$  kroz vremenski period od 28 dana imaju intenzivniju oksidaciju ( $P<0,05$ ) u odnosu na svježja jaja. Osim temperature važan vanjski utjecaji koji utječe na kvalitetu jaja je postotak vlage kao i prisutnost  $\text{CO}_2$  (Samli i sur., 2005.).

Svojim istraživanjem to potvrđuju i Akter i sur. (2014.), koji navode da glavni čimbenici degradacije jaja su vrijeme skladištenja, temperatura, vlažnost, strujanje zraka i postupci rukovanja s jajima. Prema navodima Tabidi i sur. (2011.) jaja se trebaju čuvati u hladnjaku ne više od 30 dana, a skladištenje na sobnoj temperaturi nije preporučljivo više od 15 dana.



## 7. ZAKLJUČAK

Istraživanje učinka hranidbe nesilica na kvalitetu jaja čuvanih u različitim uvjetima skladištenja s ciljem povećanja sadržaja omega-3 masnih kiselina u jestivom djelu jajeta provedeno je na ukupno 80 nesilica hibridne linije Tetra SL. Nesilice su bile podijeljene u dva hranidbena tretmana: K= komercijalna krmna smjesa; 5% sojinog ulja i O=krmna smjesa dizajniranog sastava; sojino ulje 1,01%, riblje ulje 1,33%, laneno ulje 1,33% i repičino ulje 1,33%. Jaja su bila skladištena u različitim temperaturnim uvjetima (4°C i 22°C) s vremenom analize 1, 7 i 14 dana. Osim fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete jaja, istraživana je utjecaj hranidbe na proizvodne učinke nesilica (K i O skupina).

Na osnovu dobivenih i analiziranih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- korišteni hranidbeni tretmani nisu imali utjecaja na masu nesilica ( $P>0,05$ ), konzumacija hrane po nesilici bila je ujednačena u obje skupine (K=119,6 g/danu i O=118,2 g/danu). Intenzitet nesivosti kod K skupine bio je 92% a kod O skupine 93%. Ukupan broj jaja po skupini tijekom 4 tjedna iznosio je 1092 jaja kod skupine K i 1116 jaja kod skupine O.
- pri sobnoj temperaturi skladištenja hranidbeni tretman kod svježih jaja nije imao utjecaj na masu jaja, ljuske i bjelanjka (1. i 14. dana) te žumanjka (7. dana), dok je kod mase žumanjka utvrđena statistički značajna razlika  $P=0,019$  (1. dan) i  $P=0,004$  (14. dana). Pri skladištenju svježih jaja u hladnjaku hranidbeni tretman nije imao utjecaja na masu bjelanjka (1. dan) masu jaja, ljuske, bjelanjka i žumanjka (7. i 14. dana), dok je kod mase jaja, ljuske i žumanjka (1. dan) utvrđena statistički značajna razlika ( $P>0,05$ ). Vrijednosti mase jaja bile su veće u K skupini (67,27 g) u odnosu na skupinu O (65,59 g).
- vrijednosti indeksa oblika bile su pod utjecajem hranidbenog tretmana, i kretale su se od 74,94% do 76,91%, a na boju žumanjka utjecaj je imalo vrijeme analize jaja ( $P=0,012$ ).
- na vrijednosti visine bjelanjka i HJ statistički značajan utjecaj ( $P<0,001$ ) imale su temperature skladištenja i vremena analize, dok na ove pokazatelje hranidbeni tretman i interakcija svih efekata nisu imali značajn utjecaj.
- na vrijednosti pH bjelanjka i žumanjka statistički značajan ( $P<0,001$ ) utjecaj su imali vrijeme analize, temperatura skladištenja i interakcija svih efekata zajedno, dok hranidbeni tretman je samo statistički značajno utjecao na pH bjelanjka, a kod pH žumanjka nije imao značajan utjecaj ( $P=0,333$ ).

- 
- na čvrstoću ljuske statistički značajan ( $P < 0,001$ ) utjecaj je imao hranidbeni tretman, vrijeme analize ( $P = 0,008$ ), te interakcija svih efekata ( $P = 0,036$ ), dok temperatura skladištenja nije imala utjecaja na ovaj pokazatelj.
  - debljina ljuske ovisila je o hranidbenom tretmanu ( $P = 0,003$ ) i vremenu analize ( $P = 0,007$ ), dok na ovaj pokazatelj temperatura skladištenja i interakcija svih efekata nisu imali utjecaj.
  - statistički značajno ( $P < 0,001$ ) veći sadržaj EPA, DHA, LNA kao i PUFA n-3 masnih kiselina utvrđen je u lipidima žumanjka O skupine u odnosu na K skupinu. Povoljniji omjer PUFA n-6/n-3 utvrđen je također u lipidima žumanjka O skupine u odnosu na K skupinu (2,69:8,17).
  - sadržaj PUFA n-6 bio je veći ( $P < 0,096$ ) u žumanjcima K skupine u odnosu na O skupinu.
  - oksidacija u žumanjcima bila je intenzivnija kod K skupine (7. i 14. dana) dok je kod O skupine oksidacija bila intenzivnija kod svježih jaja, a skladištenjem se smanjivala ( $P = 0,179$ ).

## 8. LITERATURA

1. Abeyrathne, E. D. N. S., Lee, H. Y., Ahn, D. U. (2013.): Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents—A review. *Poultry Science*, 92(12): 3292–3299.
2. Ahmad, H.A., Yadalam, S.S., Roland, D.A. (2003.): Calcium Requirements of Bovanes Hens, 107 Williams – Bowie Hall, Tuskegee University, Tuskegee, AL 36088, USA, Poultry Science Department, Auburn University, AL 36849 – 5416, USA. *International Journal of Poultry Science* 2 (6): 417-420, 2003.
3. Anonimus (2019.): Zakon o zaštiti životinja. Narodne novine br. 135/06.
4. Anonimus (2011.): Pravilnik o minimalnim uvjetima za zaštitu kokoši nesilica. Narodne novine br. 77/10, 99/10 i 51/11.
5. Anonimus (2010.): Pravilnik o zaštiti životinja koje se uzgajaju u svrhu proizvodnje. Narodne novine br. 44/10.
6. Anonimus (2010.): Pravilnik o registraciji gospodarstava na kojima se drže kokoši nesilice. Narodne novine br. 113/10.
7. Anonimus (2006.): Pravilnik o kakvoći jaja. Narodne novine br. 115/06, 69/07 i 76/08.
8. American Egg Board fifth edition. The incredible edible egg eggcyclopedia, 2012. <https://www.incredibleegg.org/eggcyclopedia/> (12.9.2019.).
9. Akter, Y., Kasim, A., Omar, H., Sazili, A. O. (2014): Effect of storage time and temperature on the quality characteristics of chicken eggs, *Journal and Food, Agriculture & Environment*, 12 (3&4): 87-89.
10. Akyurek, H., Okur, A.A. (2009.): Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. *J. Anim. Vet. Adv.* 8:1953-1958.
11. Augère-Granier, M.L. (2019.): The EU poultry meat and egg sector. European Parliamentary Research Service PE 644.195 – November 2019.
12. Baucells, M.D., Crespo, N., Barrotea, A.C., Lo'pez-Ferrer, S., Grashorn, M.A. (2000.): Incorporation of Different Polyunsaturated Fatty Acids into Eggs. 2000 *Poultry Science* 79:51–59
13. Bell, D., Weaver, W.D. (2002.): Commercial chicken Meat and Egg Production. Kluwer Academic Publisher, Norwell, Massachusetts. [https://books.google.hr/books?id=6XfdBgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=hr&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hr/books?id=6XfdBgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=hr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) (26.04.2020.)

14. Biđin, M., (2010.): Jaja domaće peradi – visokovrijedna namirnica u prehrani ljudi. Časopis Meso, Vol. XII (2010) studeni - prosinac broj 6.
15. Ceylan, N., Ciftçi, I., Mızrak, C., Kahraman, Z., Efil, H. (2011.): Influence of different dietary oil sources on performance and fatty acid profile of egg yolk in laying hens. Journal of Animal Science and Feed Sciences, 20, 2011, 71-83.
16. Chung, S.H., Lee, K.W. (2014.): Effect of Hen Age, Storage Duration and Temperature on Egg Quality in Laying Hens. International Journal of Poultry Science, 13(11): 634-636.
17. Curtis, P.A., Gradner, F.A., Mellor, D.B., (1985.): A comparison of selected quality and compositional characteristics of brown and white shell eggs. I. Shell quality. Poultry Science Department, Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University, College Station, Texas 77843. Poultry Science 64 : 297 – 301.
18. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2018. Zagreb 2018.
19. Duffy, E., McCarthy, S. (): An Overview of the Nutritional Role of Eggs in Diet.
20. Duman, M., Şekeroğlu, A., Yıldırım, A., Eleroğlu, H., Camcı, Ö. (2016.): Relation between egg shape index and egg quality characteristics . Europ.Poult.Sci., 80. 2016, ISSN 1612-9199, © Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DOI: 10.1399/eps.2016.117.
21. Domaćinović, M., Antunović, Z., Džomba, E., Opačak, E., Baban, M., Mužić, S. (2015.): Specijalna hranidba domaćih životinja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek, 2015.
22. Đukić Stojčić, M., Perić, L. (2018.): Influence of the storage period on the quality characteristic of table eggs. Contemporary Agriculture, 67 (3-4) 202-206.
23. Egg Nutriion Center. Cholesterol: What Does the Science Say. ENC, Egg a Day Consumer Brochure. <https://www.eggnutritioncenter.org/> (26.01.2020.)
24. EggTester.com. <https://eggtester.com/dsm-yolk-color-fan/> (26.01.2020.)
25. Englmaierová, M., Bubancová, I., Skřivan, M. (2014.): Carotenoids and egg quality. Institute of Animal Science, v.v.i., Prague-Uhřetěves, Czech Republic.
26. EU Agricultural outlook for markets and income 2019-2030. [https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/facts-and-figures/markets/outlook/medium-term\\_en](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/facts-and-figures/markets/outlook/medium-term_en) (26.01.2020.).
27. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Food Outlook, June 2008.

- 
28. Feddern, V., Celant De Prá, M., Mores, R., Silveira Nicoloso, R., Coldebella, A., Giovanni de Abreu, P. (2017.): Egg quality assessment at different storage conditions, seasons and laying hen strains. *Ciência e Agrotecnologia* 41(3):322-333, May/Jun. 2017.
  29. Fuller, N.R., Sainsbury, A., Caterson, I.D., Marković, T.P. (2015.): Egg Consumption and Human Cardio-Metabolic Health in People with and without Diabetes. *Nutrients* 2015, 7, 7399-7420; doi:10.3390/nu7095344.
  30. Froning, G.W., (2006.): The amazing egg: Department of Agricultural, Food and Nutritional Science. University of Alberta. Edmonton, Alberta, Canada.
  31. Gerber, N. (): Factors affecting egg quality in the commercial laying hen: a review. Egg producers federation of New Zealand (Inc) / Poultry Industry Association of New Zealand 96 D Carlton Gore Road, Newmarket, 1023 Auckland.
  32. Grashorn, M., Juergens, A., Bessei, W. (2016.): Effects of storage conditions on egg quality. *LOHMANN Information*, 50 (1) : 22-27.
  33. Grčević, M., Kralik-Gajčević, Z., Ivanković, S. (2011.): Kokoške jaje kao funkcionalna namirnica. *Krmiva* 53 (2011), Zagreb 2:93-100.
  34. Haugh, R.R. (1937.): The Haugh unit for measuring egg quality. *U.S. Egg Poult. Mag.* 43:522-555, 572-573.
  35. Hargis, P.S., Van Elswyk, M.E., Hargis, B.M. (1991.): Dietary Modificaton of Yolk Lipid with Menhaden Oil. 1991 *Poultry Science* 70:874-383.
  36. Havranek, J., Tudor Kalit, M. i suradnici (2014.): Sigurnost hrane od polja do stola. M.E.P. d.o.o. Zagreb, 2014.
  37. Huopalahti, R., López-Fandiño, R., Anton, M., Schade, R. (2007.): *Bioactive Egg Compounds*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-37885-3#about> (26.01.2020.).
  38. Hu, F.B., Stampfer, M.J., Rimm, E.B., Manson, J.E., Ascherio, A., Colditz, G.A., Rosner, B.A., Spiegelman, C., Speizer, F.E., Sacks, F.M., Hennekens, C.H., Willett, W.C. (1999.): A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. *The Journal of the American Medical Association*, 281, 1387-1394.
  39. Hobbyfarms. <https://www.hobbyfarms.com/> (12.01.2019.).
-

- 
40. Hrvatska poljoprivredna agencija. Odjel za uzgoj, selekciju i razvoj ovčarstva, kozarstva i malih životinja. Uputstvo za uzgoj i držanje kokoši Hrvatica. Zagreb, 2009.
  41. International Egg Commission Annual Review, september 2015.
  42. Ivanković, Maroje., Mikuš, T., Cvrtila, Ž. (2018.): Kvaliteta jaja podrijetlom od nesilica iz slobodnog i kaveznog ugoja. Časopis Meso, Vol. XX (2018) rujan - listopad br. 5.
  43. Jacob, J.P., Miles, R.D., Mather, F.B. (2011.): Egg quality. University of Florida. IFAS extension.
  44. Jacob, J.P., Miles, R.D. (2011.): Designer and Specialty Eggs. University of Florida. IFAS extension.
  45. Janječić, Z., (2005.): Prilagodbe hranidbenih potreba alternativnoj proizvodnji peradskog mesa u zemljama EU. Časopis Meso, Vol. VII (2005) rujan - listopad br. 5.
  46. Jakopović, Ž., Čanak, I., Pleadin, J., Frece, J., Markov, K., (2016.): Usporedba osnovnog kemijskog i masnokiselinskog sastava te mikrobiološke ispravnosti guščjih, kokošnjih, pačjih i purećih jaja. Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition 11 (3-4), 152-158 (2016).
  47. Jin, Y.H., Lee, K.T., Lee, W.I., Han, Y.K. (2011.): Effects of Storage Temperature and Time on the Quality of Eggs from Laying Hens at Peak Production. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 24, (2): 279-284.
  48. Jiang, Z., Ahn, D.U., Ladner, L., Sim, J.S., (1992.): Influence of Feeding Full-Fat Flax and Sunflower Seeds on Internal Quality of Eggs. 1992 Poultry Science 71:378-382.
  49. Jurić, V., Jajić, I., Bursić, V., Jurić, J. (2005.): Nutritivna i upotrebna vrednost jaja. Letopis naučnih radova, 29 (1):138-145.
  50. Jones, D.R., Musgrove, M.T. (2005.): Effects of extended storage on egg quality factor. Poult Sci. 84: 1774-1777.
  51. Jožef, N., Berić, Ž. (1995.): Peradarstvo. Nakladni zavod Globus, Zagreb 1995.
  52. Kaić-Rak, A., Mesaroš-Kanjski, E. (2000.): Uloga pravilne prehrane u prevenciji bolesti srca i krvnih žila. Medicus, vol. 9., No. 1, 43-48.
  53. Karoui, R., Kemps, B., Bamelis, F., De Ketelaere, B., Decuyper, E., De Baerdemaeker, J. (2005.): Methods to evaluate egg freshness in research and industry. Eur Food Res Technol (2006) 222: 727-732.

- 
54. Katalenić, M. (2007.): Masti u ulja u prehrani. Hrvatski časopis za javno zdravstvo, vol. 3., br. 9., 7. siječanj 2007.
55. Ketelaere De, B., Govaerts, T., Coucke, P., Dewil, E., Visscher, J., Decuypere E., Baerdemaeker De, J. (2002.): Measuring the eggshell strength of 6 different genetic strains of laying hens: Techniques and comparisons. *British Poultry Science*. 43, pp. 238-244.
56. Keshavarz, K., Nakajima, S. (1993.): Re-Evaluation of Calcium and Phosphorus Requirements of Laying Hens for Optimum Performance and Eggshell Quality. *1993 Poultry Science* 72:144-153.
57. Kralik, G. (1976.): Istraživanja promjena nekih sastojaka jaja Nick-Chick kokoši tokom čuvanja pod različitim uvjetima. Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
58. Kralik, G., Škrtić, Z., Gajčević, Z., Hanžek, D. (2007.): Utjecaj različitih ulja u hrani za nesilice na kakvoću jaja i sadržaj masnih kiselina u žumanjku jajeta. *Krmiva* 49 (3), 115-125.
59. Kralik, G., Schön Has, E., Kralik, D., Šperanda M., (2008a.): Peradarstvo. Biološki i zootehnički principi. Grafika Osijek, 2008., ISBN 978-953-6331-60-4.
60. Kralik, G., Škrtić, Z., Suchy, P., Strakova, E., Gajčević, Z. (2008b.): Feeding Fish Oil and Linseed Oil to Laying Hens to Increase the n-3 PUFA of Egg Yolk. *ACTA VET. BRNO* 2008, 77: 561-568; doi:10.2754/avb200877040561.
61. Kralik, G., Gajčević, Z., Škrtić, Z. (2008c.): The effect of different oil supplementations on laying performance and fatty acid composition of egg yolk. *Ital. J. Anim. Sci.* vol. 7, 173-183, 2008.
62. Kralik, G., Grčević, M., Kralik-Gajčević, Z. (2010.): Animalni proizvodi kao funkcionalna hrana. *Krmiva* 52 (2010.), Zagreb, 1; 3-13.
63. Kralik, G., Kralik, I., Kralik, Z., Janječić, Z. (2012.): Peradarstvo Republike Hrvatske – stanje perspektive. *Krmiva* 54 (2012.), Zagreb 2:47-48.
64. Kralik, Z., Kralik, G., Grčević, M., Galović, D. (2014.): Effect of storage period on the quality of table eggs. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 18 (1): 200-206.
65. Kralik, Z., Jelić, J., (2017.): Dizajnirana jaja i njihova nutritivna svojstva. *Krmiva* 59 (2017), Zagreb 1:31-38.
66. Kralik, Z., Lovreković, M. (2018.): Utjecaj hranidbe na kvalitetu i obogaćivanje jaja funkcionalnim sastojcima. *Časopis Meso*, XX (1): 58-65.
-

- 
67. Kralj, D. (2007.): Smjernice Eu u peradarskoj proizvodnji kavezni / alternativni načini držanja – primjena u praksi. *Stočarstvo* 61:2007 (3) 193-212.
68. Krauss, R.M., Eckel, R.H., Howard, B., Appel, L.J., Daniels, S.R., Deckelaum, R.J., Erdman, Jr., J.W., Kris-Etherton, P., Goldberg, I.J., Kotchen, T.A., Lichtenstein, A.H., Mitch, W.A., Mullis, R., Robinson, K., Wylie-Rosett, J., St. Jeor, S., Suttie, J., Tribble, D.L., Bazzarre, T.L. (2000.): AHA Dietary Guidelines. Revision 2000: A statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association. *Stroke*, 31, 2751-2766.
69. Küçükersan, K., Yeşilbağ, D., Küçükersan, S. (2010.): Influence of Different Dietary Oil Sources on Performance and Cholesterol Content of Egg Yolk in Laying Hens. *J. Biol. Environ. Sci.*, 2010, 4(12), 117-122.
70. Lee, M. H., Cho, E. J., Choi, E. S., Sohn, S.H. (2016.): The Effect of Storage Period and Temperature on Egg Quality in Commercial Eggs. *Korean J.Poult.Sci.*43(1): 31-38.
71. Magdelain, P. (2011.): Egg and egg product production and consumption in Europe and in rest of the world, poglavlje u knjizi: Improving the safety and quality of eggs and egg products, Edited by: Nys ,Y., Bain, M., Van Immerseel F., ISBN 978-1-84569-754-9), Woodhead publishing limited, Cambridge.
72. Meluzzi, A., Sirri, F., Manfreda, G., Tallarico, N., Franchini, A. (2000.): Effects of Dietary Vitamin E on the Quality of Table Eggs Enriched with n-3 Long-Chain Fatty Acids. *2000 Poultry Science* 79:539–545.
73. Mikec, M. (1999.): Djelovanje povišene temperature okoliša na proizvodnost i zdravlje peradi. *Stočarstvo* 53:1999 (6) 461-471.
74. Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske, Uprava za veterinarstvo i sigurnost hrane. Upisnik farmi kokoši nesilica. <http://www.veterinarstvo.hr/default.aspx?id=167> (20.2.2020.).
75. Miranda, J.M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J. A., Lamas, A., Franco, C. M., Cepeda, A. (2015.): Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and use as Functional Foods. *Nutrients* 2015, 7, 706–729.
76. Nemanič, J., Berić, Ž. (1995.): Peradarstvo.
77. Nikolova, N., Kocevski D. (2006.): Forming egg shape index as influenced by ambient temperatures and age hens. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 22 (1-2): 119-125.
-



- 
78. Omidi, M., Rahim, S., Torshizi, M. A. K. (2015.): Modification of egg yolk fatty acid profile by using defferent oil sources. *Veterinary Research Forum*. 2015: 6 (2) 137-144.
  79. Panda, P. C. (1996.): Shape and Texture. In *Text book on Egg and Poultry Technology*. First Edition, New Delhi, India.
  80. Poorghasemi, M., Seidavi A., Qotbi A.A., Laudadio V., Tufarelli V. (2013.): Influence of dietary fat source on growth performance responses and carcass traits of broiler chicks. *Asian Australas. J Anim Sci*.26: 705–710.
  81. Poultry trends 2018. <https://www.wattagnet.com/> (15.06.2019.)
  82. Poultry trends 2019. <https://www.wattagnet.com/> (15.06.2019.)
  83. Réhault-Godbert, S., Guyot, N, Nys, Y. (2019.): The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. *Nutrients* 2019, 11, 684; doi:10.3390/nu11030684.
  84. Ruxton, C.H.S., Derbyshire, E., Gibson, S. (2010.): The nutritional properties and health benefits of eggs. *Nutrition and Fodd Science*, 40(3):263-279 · May 2010.
  85. Roberfroid, M.B. (2002.): Global view on functional foods: European perspectives. *British Journal of Nutrition* (2002), 88, Suppl. 2, S133–S138.
  86. Roberts, JR (2004.): Factors Effecting Egg Internal Quality and Egg shell Quality in Laying Hens. *Animal Physiology*, School of Rural Science and Agriculture, University of New England, Armidale, NSW 2351, Australia. *Journal of Poultry Sciencem* 41:161-177, 2004.
  87. Roland, D.A., Sloan, D.R., Harms, R.H. (1975.): The ability of hens to maintain calcium deposition in the egg shell and egg yolk as the hen ages. *Department of Poultry Science, Florida Agricultural Experiment Station, Gainesville, Florida. Poultry science* 54: 1720-1723, 1975.
  88. Romanoff, A.L., Romanoff, A.J. (1949.): *The Avian Egg*. John Wiley & Sons Co., New York.
  89. Rong, Ying, Li Chen, Tingting Zhu, Yadong Song, Miao Yu, Zhilei Shan, Amanda Sands, Frank B Hu, and Liegang Liu. (2013.): Egg consumption and risk of coronary heart disease and stroke: doseresponse meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ : British Medical Journal* 346:e8539.

- 
90. Samli, H.E., Agma, A., Senkoylu, N. (2005.): Effects of Storage Time and Temperature on Egg Quality in Old Laying Hens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 14: 548-55.
  91. Sari, M., Aksit, M., Özdoğan, M., Basmacıoğlu, H. (2001.): Effects of addition of flaxseed to diets of laying hens on some production characteristics, levels of yolk and serum cholesterol, and fatty acid composition of yolk. *Arch. Geflügelk.* 2002, 66 (2), 7 –79, ISSN 0003-9098. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
  92. Senčić, Đ., Antunović, Z., Domaćinović, M., Šperanda, M., Steiner, Z. (2006.): Kvaliteta kokošnjih jaja iz slobodnog i kaveznog sustava držanja. *Stočarstvo* 60 (3): 173-179.
  93. Senčić, Đ. (2011.): Tehnologija peradarske proizvodnje. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
  94. Senčić, Đ., Danijela, S. (2017.): Jaja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
  95. Silversides, F.G., Twizeyimana, F., Villeneuve, P. (1993.): Research Note: A Study Relating to the Validity of the Haugh Unit Correction for Egg Weight in Fresh Eggs. *Poultry Science* 72:760-764.
  96. Silversides, F.G. (1994.): Is the Haugh Unit Correction for Egg Weight Valid for Eggs Stored at Room Temperature? *Poultry science* 73:50-55.
  97. Simopoulos, A.P. (1991.): Omega -3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *American Journal of Clinical Nutrition* – October 1991.
  98. Simopoulos, A.P. (2000.): Human Requirement for N-3 Polyunsaturated Fatty Acids. 2000 *Poultry Science* 79:961–970.
  99. Simopoulos, A.P., (2002): Omega 3 fatty acids in wild plants, seeds and nuts. *Asian Pacific J Clin Nutr* 2002, 11(S6):S163-S173.
  100. Statistica for Windows version 13.4.0.14 (StatSoftInc, 2018.).
  101. Statista.com. <https://www.statista.com/> 21.5.2020.).
  102. Svobodová, J., Tůmová, E., Popelářová, E., Chodová1, D. (2015.): Effect of light colour on egg production and egg contamination. *Czech J. Anim. Sci.*, 60, 2015 (12): 550–556.
  103. Škrčić, Z., Kralik, G., Gajčević, Z. (2006.): Obogaćivanje jaja s PUFA n-3. *Krmiva* 48 (2006), Zagreb, 2; 95-103.

- 
104. Škrtić, Z., Kralik, G., Gajčević, Z., Bogut, I., Hanžek, D. (2007.): The increase of the n-3 PUFA content in eggs. Izvorni znanstveni članak. ISSN 1330-7142. UDK = 636.52/.58:637.4.
105. Tabidi, M.H. (2011.): Impact of storage period and quality on composition of table egg. *Adv. Environ. Biol.* 5, 856861.
106. Tallman, D.A., Sahathevan, S., Karupaiah, T., Khosla, P (2018.): Egg Intake in Chronic Kidney Disease. *Nutrients* 2018, 10, 1945; doi: 10.3390/nu10121945
107. Tolušić, Z. (2011.): Tržište i distribucija poljoprivredno-prehrambenih proizvoda. II. dopunjeno i izmijenjeno izdanje. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
108. Trpčić, I., Njari, B., Zdolec, N., Cvrtila fleck, Ž., Fumić, T., Kozačinski, L. (2010.): Mikrobiološka kakvoća i ocjena svježine jaja. *Časopis Meso*, Vol. XII (2010) rujan-listopad broj 5.
109. Uremović, Z., Uremović, M., Pavić, V., Mioč, B., Mužić, S., Janječić, Z. (2002.): Stočarstvo. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 566.
110. USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 26, <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/?query=ndbNumber:1123> (22.04.2020.).
111. USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 26, <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/?query=ndbNumber:1129> (22.04.2020.).
112. USDA, 2010 Dietary Guidelines for Americans.
113. Van Niekerk, T. (2014.): Egg quality. LowInputBreeds technical note. Download at [www.lowinputbreeds.org](http://www.lowinputbreeds.org) (28.11.2019.).
114. Van Eekeren, N., Maas A., Saatkamp H.W., Verschuur M. (2006.): Small – scale chicken production. World's poultry science association (WPSA). Agromisa foundation and CTA, Wageningen.
115. Vučemilo, M., Vinković, B., Matković, K., Brezak, R. (2007a.): Kvaliteta zraka i dobrobit peradi. *Stočarstvo* 61:2007 (4) 267-275.
116. Vučemilo, M., Vinković, B., Matković, K., Brezak, R. (2007b.): Higijenska kakvoća zraka u peradnjaku za nesilice konzumnih jaja. *Krmiva* 49 (2007), Zagreb, 2; 89-94.
117. Vučemilo, M., Matković, K., Vinković, B., Radović, S., Benić, M. (2008a.): Higijena, dobrobit i ponašanje nesilica smještenih u klasičnim kavezima i alternativnim sustavima držanja. *Stočarstvo* 62:2008 (6) 495-501.
118. Vučemilo, M. (2008b.): Higijena i bioekologija u peradarsvu. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

- 
119. Zazpe, I., Beunza, J.J., Bes-Rastrollo, M., Warnberg, J., de la Fuente-Arrillaga, C., Benito, S., Vazquez, Z., Martinez-Gonzalez, M.A. (2011.): Egg consumption and risk of cardiovascular disease in the SUN Project. *European Journal of Clinical Nutrition*, 65(6), 676-682.
  120. Zdravlje za sve. <http://zdravljezasve.hr/index.html> (14.2.2020.).
  121. Zyriax, B.C., Windler, E. (2000.): Dietary fat in the prevention of cardiovascular diseases – A review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102: 355–365.
  122. Qureshi, A.I., Fareed, M., Suri, K., Ahmed, S., Nasar, A., Divani, A.A., Kirmani J.F. (2007.): Regular egg consumption does not increase the risk of stroke and cardiovascular diseases. *Medical Science Monitor*, 13(1), 1-8.

**Napomena:**

Ovo istraživanje financirano je sredstvima Europskih strukturnih i investicijskih fondova, dodijeljenim hrvatskom nacionalnom Znanstvenom centru izvrsnosti za personaliziranu brigu o zdravlju (KK.01.1.1.01.0010).

## 9. SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja bilo je povećanje sadržaja omega-3 masnih kiselina u jajima te utvrđivanje utjecaja hranidbe nesilica na kvalitetu jaja čuvanih u različitim uvjetima skladištenja. Hranidbeni dio pokusa je proveden na ukupno 80 nesilica hibridne linije Tetra SL, koje su bile podijeljene u dva hranidbena tretmana: K= komercijalna krmna smjesa za nesilice i O=krmna smjesa dizajniranog sastava-povećan sadržaj omega-3 masnih kiselina. Analiza kemijskih pokazatelja provedena je kroz tri razdoblja svježih jaja, nakon 7 odnosno 14 dana skladištenja na različitim temperaturama (skladištenje u hladnjaku na temperaturi od +4°C i na sobnoj temperaturi od +22°C). Ukupno je analizirano po skupini 150 jaja (ukupno 300) razreda L (63-73 g). Rezultati istraživanja pokazuju da su nesilice obje ispitivane skupine tijekom pokusnog razdoblja snesle podjednak broj jaja (K=1920 kom. i O=1116 kom.) uz dnevnu konzumaciju hrane od 119,6 g (K) i 118,9g (O). Intenzitet nesivosti bio je visok iznosio je 92-93%. Uočeno je da postoji značajna razlika između K i O skupine u masi jaja i njegovih osnovnih dijelova, ovisno o vremenu mjerenja i temperaturi skladištenja. Ta razlika više je izražena kod jaja skladištenih na sobnoj temperaturi. Fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete jaja skladištenih na temperaturi 4°C i 22°C utvrđeni tijekom tri razdoblja mjerenja (1., 7. i 14. dana) pokazuju da hranidbeni tretman statistički značajno utječe na razlike dobivene kod vrijednosti indeksa oblika (%), pH bjelanjaka te kod pokazatelja kvalitete ljuske ( $P < 0,05$ ). Utjecaj temperature skladištenja i vremena analize značajno su utjecali na visinu bjelanjka (mm), Houghove jedinice, pH bjelanjka i pH žumanjka, dok je utjecaj vremena skladištenja utvrđen kod vrijednosti boje žumanjka. Utjecaj interakcije svih efekata utvrđen je kod vrijednosti pH bjelanjaka i žumanjaka ( $P < 0,001$ ) i te kod vrijednosti čvrstoće ljuske ( $P = 0,036$ ). Korišteni hranidbeni tretman utjecao je na sadržaj masnih kiselina u žumanjcima jaja ispitivanih pokusnih skupina (% u sumi masnih kiselina). U žumanjcima jaja K skupine utvrđen je statistički značajno veći sadržaj ukupnih SFA i n-6 PUFA u odnosu na jaja skupine O ( $P < 0,05$ ), dok je u žumanjcima skupine O utvrđen statistički značajno veći sadržaj ukupnih n-3 PUFA u odnosu na jaja skupine K ( $P < 0,01$ ). Omjer n6 PUFA/ n-3 PUFA bio je povoljniji u jajima O skupine jaja u odnosu na jaja skupine K (2,69: 8,17;  $P < 0,01$ ). Vrijednosti oksidacije lipida u žumanjcima jaja ispitivanih skupina nisu se statistički značajno razlikovale ( $P > 0,05$ ).

**Ključne riječi:** omega-3 masne kiseline, hranidba nesilica, temperatura skladištenja, kvaliteta, oksidacija lipida.

## 10. SUMMARY

The aim of this study was to increase the content of omega-3 fatty acids in eggs and to determine the effect of laying hens feeding on the quality of stored eggs in different storage conditions. Feeding part of experiment was performed on total of 80 laying hens Tetra SL hybrid line, which was divided into two fed diet: K = commercial feed for laying hens and O: designed feed with increased content of omega-3 fatty acid. The chemical indicators analysis was conducted through three periods fresh eggs, after 7 days or 14 days of storage on different storage temperature (refrigerated storage +4°C and at room temperature +22°C). Totally was analyzed by each group 150 eggs (total 300) of class L (63-73 g). The results of study showed that hens from both investigation groups during experimental period laid the same number of eggs (K = 1920 pcs. and O = 1116 pcs.) with daily feed consumption of 119,6 g (K) and 118 g (O). The laying intensity was high 92-93%. It was observed that there was significant difference between K and O group in egg mass and mass of basic parts of egg, depending of the measurement time and storage temperature. This difference was more significant with eggs storage at room temperature. Physical-chemical indicators of egg quality stored at 4°C and 22°C temperature was determined during three measurement period (1, 7 and 14 days) and showed that feed treatments have statistically significant influence on index value (%), pH albumen and shell quality ( $P < 0,05$ ). Influence of storage temperature and analysis time significantly affected albumen height (mm), Hough unit, albumen pH, yolk pH, while the influence of time storage was determined by value of the yolk color. Effect of all interaction effects was determined at values of pH albumen and yolk ( $P < 0,001$ ) and by value of the shell thickness ( $P = 0,036$ ). Used fed diet effects on the fatty acid content in the egg yolk investigation groups (% in sum of fatty acid). In the egg yolks of K group was determined statistically significant higher content of total SFA and n-6 PUFA compared to the eggs of O group ( $P < 0,05$ ), while in the yolks of the O group was determined statistically significant higher content of total n-3 PUFA compared to group K ( $P < 0,01$ ). The n-6 PUFA/n-3 PUFA ratio was more favorable in eggs of O group compared to the eggs from K group (2.69: 8.17;  $P < 0,01$ ). Lipid oxidation values in egg yolks from both investigation groups were not statistically significant differed ( $P > 0,05$ ).

**Key words:** Omega-3 fatty acids, hens feeding, storage temperature, quality, lipid oxidation.

## 11. ŽIVOTOPIS

Igor Vendl, mag. inž. agr., rođen je 24. travnja 1977. godine u Osijeku. Osnovnu školu pohađao je u Osijeku, gdje je završio i srednju poljoprivrednu i veterinarsku školu, te stekao zvanje veterinarski tehničar. Tijekom 1995. godine obavio je pripravnički staž na IPK Osijek, farma Velika Branjevina. Na svinjogojskoj farmi IPK, obavljao je veterinarske poslove vezane za reprodukciju i zdravstveno stanje svinja.

Od 1997. godine zaposlen je u MORH-u kao djelatni časnik OSRH. Na ovom radnom mjestu je obnašao različite vojničke, dočasničke i časničke dužnosti kao zapovjednik opslužništva, zapovjednik satnije te zapovjednik doma zapovjedništva. Na Hrvatskom vojnom učilištu „Dr. Franjo Tuđman“ u Zagrebu, u časničkoj školi „Andrija Matijaš Pauk“ završio je temeljnu i naprednu časničku izobrazbu.

Na Poljoprivrednom Fakultetu u Osijeku 2006. godine obranio je završni rad pod naslovom „Uzgoj Zeca običnog (*Lepus europaeus* Pall.) u zajedničkom lovištu Branjina“, te stekao višu stručnu spremu i stručno zvanje inženjer poljoprivrede smjera Zootehnika, usmjerenja specijalna zootehnika. Godine 2011. na istom fakultetu završio je Sveučilišni diplomski studij Zootehnika, smjer Lovstvo i pčelarstvo, a nakon obrane diplomskog rada na temu „Uzgoj divlje svinje (*Sus scrofa* L.) u Republici Hrvatskoj“ stekao je zvanje magistar inženjer zootehnike.

Budući da ustrojbeno mjesto, čin i dužnost koju obnaša kao i daljnji profesionalni razvoj te napredovanje u službi u OSRH zahtijevaju stalno vojno-stručno i civilno usavršavanje i obrazovanje, pored konstantnog vojno-stručnog usavršavanja i obrazovanja kroz rad i školovanja na Hrvatskom vojnom učilištu „Dr. Franjo Tuđman“ nastavlja i daljnje civilno obrazovanje na poslijediplomskom specijalističkom studiju na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, gdje je 2015. godine upisao poslijediplomski specijalistički studij „Kakvoća i sigurnost animalnih proizvoda“. Aktivno govori engleski jezik, služi se njemačkim i slovačkim. Oženjen je i otac troje djece.