



UNIVERZITET U NOVOM SADU
TEHNOLOŠKI FAKULTET NOVI SAD

**UTICAJ PRIMENE RAZLIČITIH
IZVORA PRIRODNIH PIGMENATA
NA BOJU ŽUMANCA I KO-
EKSTRUDATA NA BAZI SEMENA
LANA, LANIKA I KONOPLJE NA
PROFIL MASNIH KISELINA U
JAJIMA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:

Prof. dr Natalija Džinić

Kandidat:

Nedeljka Spasevski

Novi Sad, 2018.

Zahvalnica

UNIVERZITET U NOVOM SADU
TEHNOLOŠKI FAKULTET NOVI SAD

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:
RBR

Identifikacioni broj:
IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija
TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal
TZ

Vrsta rada: Doktorska disertacija
VR

Ime i prezime autora: Nedeljka J. Spasevski, master- inženjer
AU tehnologije

Mentor: Prof. dr Natalija Džinić, redovni profesor
MN

Naslov rada: Uticaj primene različitih izvora prirodnih
NR pigmenata na boju žumanca i ko-ekstrudata
na bazi semena lana, lanika i konoplje na
profil masnih kiselina u jajima

Jezik publikacije: srpski, latinica
JP

Jezik izvoda: srpski / engeski
JI

Zemlja publikovanja: Republika Srbija
ZP

Uže geografsko područje: AP Vojvodina
UGP

Godina: 2018
GO

Izdavač: autorski reprint
IZ

Mesto i adresa: Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad,
MA Srbija

Fizički opis rada:

Broj poglavlja:	8
Strana:	279
Literaturnih navoda:	272
Tabela	46
Slika/grafika	42

Naučna oblast: NO	Biotehničke nauke – prehrambeno inženjerstvo
Naučna disciplina: ND	Tehnologija hrane za životinje
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	prirodni pigmenti, boja žumanca, ekstrudiranje, seme lana, seme lanika, seme konoplje, masne kiseline
UDK	637.414 + 637.4.05 (043.3)
Čuva se: ČU	Biblioteka Tehnološkog fakulteta Novi Sad, Univerziteta u Novom Sadu, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Srbija
Važna napomena: VN	Istraživanja u ovoj tezi finansirana su od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru projekta III46012

Izvod:

IZ

Zadatak ove doktorske disertacije, koji se sastojao iz dva dela, je bio da se pokaže mogućnost zamene sintetičkih pigmenata, koji se danas koriste u konvencionalnoj proizvodnji jaja, sa prirodnim izvorima pigmenata i njihov uticaj na boju žumanca, kao i mogućnost promene nutritivnog profila jaja dodatkom ko-ekstrudata lana, lanika i konoplje bogatih omega-3 masnim kiselinama u smeše za ishranu kokoši nosilja. U cilju realizacije postavljenih zadataka izvedena su dva biološka oglada, u kojima su korišćene kokoši nosilje Lohmann Brown rase.

U prvom biološkom ogledu kokoši nosilje su prema eksperimentalnom dizajnu podeljene u 12 tretmana, deset eksperimentalnih i dva kontrolna, koji su se razlikovali prema izvoru dodatih pigmenata. Kao prirodni pigmenti korišćeni su: cvet nevena, sušena šargarepa i crvena mlevena začinska paprika. Na osnovu dobijenih rezultata, utvrđeno je da dodatak prirodnih izvora pigmenata u količini od 1,5%, ne utiče na tehnološke parametre kvaliteta jaja. Takođe je utvrđeno da dodatak nevena i šargarepe, pojedinačno ili u kombinaciji, ne može da doprinese boji žumanca većoj od 10 prema Roche lepezi, dok dodatak paprike u količini od 1% i 1,5% doprinosi da se ostvari boja žumanca veća od 14 prema Roche lepezi. OPTIMALNA narandžasta boja žumanca, sa vrednostima od 12 do 14 prema Roche lepezi, koja je bila cilj prvog dela doktorske disertacije, ostvarena je u tretmanima u kojima je u ishranu kokoši nosilja dodato 1% nevena i 0,5% paprike, 1% šargarepe i 0,5% paprike, kao i 0,5% od sve tri komponente. U cilju postizanja optimalne boje žumanca u drugom biološkom ogledu odabrana je kombinacija sa 1% šargarepe i 0,5% paprike obzirom da je šargarepa jeftinija i ekonomski isplativija sirovina od nevena.

U drugom biološkom ogledu kokoši nosilje su prema eksperimentalnom dizajnu podeljene u 8 tretmana, šest eksperimentalnih i dva kontrolna, koji

su se razlikovali prema izvoru i količini dodate masti (3% i 5%), kao i izvoru pigmenata (sintetički i prirodni). Kao izvori polinezasićenih masnih kiselina, u smeše za ishranu kokoši nosilja, dodavani su: ko-ekstrudati lana, lanika i konoplje u količini od 13,5% i 22,5% lana, 16,6% i 27,6% lanika i 18,4% i 30,7% konoplje. Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da dodatak ko-ekstrudata u navedenim količinama ne utiče na tehnološke parametre kvaliteta jaja. Optimalna boja žumanca, sa vrednostima od 12,50 do 13,39 prema Roche lepezi, i sa najvišim senzorskim ocenama za prihvatljivost, ujednačenost i nijansu boje, ostvarena je u svim eksperimentalnim tretmanima, čime je potvrđen rezultat iz prvog dela doktorske disertacije.

Najvažniji rezultat, sa aspekta nutritivne vrednosti žumanca, koji je ostvaren dodatkom ko-ekstrudata lana, lanika i konoplje u ishranu kokoši nosilja jeste smanjenje ukupnog sadržaja zasićenih masnih kiselina (SFA), a povećanje sadržaja poželjnih omega - 3 polinezasićenih masnih kiselina: α -linolenske kiseline (ALA), eikozapentaenske kiseline (EPA) i dokozaheksaenske kiseline (DHA), kao i povećanje sadržaja ukupnih tokoferola.

Dodatkom ko-ekstrudata u hranu za kokoši nosilje postignut je mnogo bolji odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina u žumancima. Međutim, sa aspekta senzorskog kvaliteta, dodatak ko-ekstrudata lana pokazao je negativan uticaj na ukus jaja u odnosu na dodatak ko-ekstrudata lanika i konoplje koji nisu narušili senzorska svojstva dobijenih jaja.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se, dodatkom odabranih kombinacija prirodnih izvora pigmenata, kao i odabranih izvora omega masnih kiselina, može dizajnirati funkcionalno jaje koje će imati poželjnu boju žumanca, povećan sadržaj omega - 3 masnih kiselina, a da pri tom ne dođe do narušavanja senzorskog profila jaja.

Datum prihvatanja teme od strane Senata: 12.07.2018

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

KO

predsednik:

Dr Marija Jokanović, docent, Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu

član:

Prof. dr Natalija Džinić, redovni profesor, Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu – mentor rada

član:

Dr Tatjana Tasić, naučni saradnik, Naučni institut za prehrambene tehnologije, Univerzitet u Novom Sadu

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF TEHNOLOGY NOVI SAD

KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number:
ANO

Identification number:
INO

Document type: Monograph documentation
DT

Type of record: Textual printed material
TR

Contents code: PhD Thesis
CC

Author: Nedeljka Spasevski, Master –engineer in
AU technology

Mentor: dr Natalija Džinić, full professor
MN

Title: Effects of different sources of natural
TI pigments inclusion on the egg yolk colour and
flaxseed, camelina seed and hempseed based
co-extrudates on the fatty acids profile in
eggs

Language of text: Serbian, latin
LT

Language of abstract: Serbian / English
LA

Country of publication: Republic of Serbia
CP

Locality of publication: AP Vojvodina
LP

Publication year: 2018
PY

Publisher: Author's reprint
PU

Publication place: Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad,
PP Serbia

Physical description: Chapters: 8
PD Pages: 279
References: 272
Tables 46
Figures/Graphs 42

Scientific field: SF	Biotechnical Sciences – Food Engineering
Scientific discipline: SD	Feed Technology
Subject, Key words: SKW	natural pigments, egg yolk colour, extrusion, flaxseed, camelina seed, hempseed, fatty acids
UDC	637.414 + 637.4.05 (043.3)
Holding data: HD	Library of the Faculty of Technology Novi Sad, University of Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Serbia
Note: N	Research in this thesis was financed by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia within the project III46012

Abstract:
AB

The aim of this doctoral dissertation, which consisted of two parts, was to show the possibility of replacing synthetic pigments, which are nowadays used in conventional egg production, with natural sources of pigments and their influence on the colour of the yolk, as well as the possibility of changing the nutritive egg profile by adding co-extruded flax, camelina seed and hempseed rich in omega-3 fatty acids in laying hens nutrition. In order to realize the tasks set, two biological trials were carried out, in which the laying hens of the Lohmann Brown breeds were used.

In the first biological trial, according to the experimental design the laying hens were divided into 12 treatments, ten experimental and two controls, which differed in the source of added pigments. Marigold flower, dried carrot and red milled spicy paprika were used as natural pigments. Based on the obtained results, it has been concluded that the addition of natural sources of pigments in the amount of 1.5% does not affect the technological parameters of egg quality. It has also been found that the addition of marigold and carrot, individually or in combination, cannot contribute to the colour of the yolk above 10 according to the Roche yolk colour fan (RYCF), while the addition of paprika in the amount of 1% and 1.5% contributes to the colour of the yolk greater than 14 RYCF. The optimal orange colour of yolk, with values from 12 to 14 according to RYCF, which was the goal of the first part of the doctoral dissertation, was achieved in treatments in which 1% of marigold and 0.5% of paprika, 1% of carrot and 0.5% of paprika, as well as 0.5% of all three components were added in laying hens diets. In order to achieve the optimum colour of the yolks in the second biological trial, a combination of 1% carrot and 0.5% of paprika was selected, since the carrot is cheaper and economically more cost-effective raw material than marigold.

In the second biological trial, according to the experimental design, laying hens were divided into 8 treatments, six experimental and two controls, which differed in the source and amount of added fat (3% and 5%), as well as

in the source of pigments (synthetic and natural). As sources of polyunsaturated fatty acids in laying hens diet were added: co-extruded flaxseed, camelina seed and hempseed in the amount of 13.5% and 22.5% of flax, 16.6% and 27.6% of camelina seed and 18.4% and 30.7% of hempseed. Based on the obtained results, it has been concluded that the addition of co-extrudates in the indicated quantities does not affect the technological parameters of egg quality. The optimal colour of the yolk, with values ranging from 12.50 to 13.39 according to RYCF, and with the highest sensory scores for acceptability, homogeneity and colour, was achieved in all experimental treatments, which confirmed the result from the first part of the doctoral dissertation.

The most important result, from the aspect of the nutritional value of the yolk, achieved by the addition of co-extruded flaxseed, camelina seed and hempseed in laying hens diet, is a decrease in the total content of saturated fatty acids (SFA), and the increase in the content of the desired omega-3 polyunsaturated fatty acids: α -linolenic acids (ALA), eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), as well as an increase in total tocopherol content.

With the addition of co-extrudates in laying hens diets, a much better ratio of ω -6/ ω -3 fatty acids in yolks has been achieved. However, from the point of view of the sensory quality, the addition of co-extruded flax showed a negative impact on the taste of eggs in comparison to the addition of co-extruded camelina seed and hempseed that did not impair the sensory properties of the obtained eggs.

Based on the obtained results, it can be concluded that with the addition of selected combinations of natural sources of pigments, as well as selected sources of omega fatty acids, functional eggs can be designed which will have the desired colour of the yolk, increased content of omega - 3 fatty acids without the impairment of the eggs sensory profile.

Accepted on Senate on: 12.07.2018

AS

Defended:

DE

Thesis Defend Board:

DB

president:

Dr Marija Jokanović, assistant professor,
Faculty of Technology Novi Sad, University
of Novi Sad

member:

Prof dr Natalija Džinić, full professor,
Faculty of Technology Novi Sad, University
of Novi Sad

member:

dr Tatjana Tasić, research associate,
Institute of Food Technology, University of
Novi Sad

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pregled literature.....	3
2.1. Proizvodnja jaja u svetu i Srbiji.....	3
2.2. Građa i hemijski sastav jaja.....	5
2.3. Boja žumanca.....	12
2.4. Metode određivanja boje žumanca.....	15
2.5. Uticaj sintetičkih i prirodnih izvora pigmenata na boju žumanca.....	18
2.5.1. Neven kao prirodni izvor pigmenata.....	21
2.5.2. Šargarepa kao prirodni izvor pigmenata.....	23
2.5.3. Paprika kao prirodni izvor pigmenata.....	26
2.6. Izvori ω -masnih kiselina za proizvodnju jaja.....	29
2.6.1. Lan.....	32
2.6.1.1. Cijanogeni glikozidi.....	37
2.6.2. Lanik.....	39
2.6.2.1. Glukozinolati.....	42
2.6.3. Konoplja.....	43
2.7. Senzorske osobine jaja.....	48
2.8. Jaje kao funkcionalna hrana.....	50
2.9. Značaj konzumiranja jaja sa dodatkom prirodnih izvora pigmenata i ω - masnih kiselina na zdravlje čoveka.....	53
3. Zadatak rada.....	56
4. Materijal i metode.....	60
4.1. Materijal rada.....	60
4.1.1. Optimizacija boje žumanca.....	61
4.1.2. Optimizacija nutritivnog kvaliteta jaja.....	63
4.2. Metode rada.....	64
4.2.1. Priprema sirovina i njihovo umešavanje - za prvi biološki ogled.....	65
4.2.1.1. Hemijske analize smeše i prirodnih izvora pigmenata.....	66
4.2.1.2. Određivanje tehnoloških pokazatelja kvaliteta jaja.....	67
4.2.1.3. Određivanje boje žumanca.....	67
4.2.1.4. Senzorska analiza boje svežih jaja.....	69
4.2.2. Priprema sirovina i njihovo umešavanje - za drugi biološki ogled.....	71
4.2.2.1. Ekstrudiranje uljarica.....	71

4.2.2.2. Eksperimentalni plan umešavanja funkcionalnih dodataka.....	74
4.2.2.3. Hemijska analiza semena uljarica, ko-ekstrudata i gotovih smeša	75
4.2.2.4. Određivanje tehnoloških karakteristika jaja.....	76
4.2.2.5. Određivanje boje žumanca	78
4.2.2.6. Određivanje sastava masnih kiselina uljarica, ko-ekstrudata i jaja	78
4.2.2.7. Određivanje sadržaja i sastava tokoferola u proizvedenim jajima..	79
4.2.2.8. Senzorska analiza jaja	80
4.2.2.9. Statistička obrada dobijenih podataka.....	81
5. Rezultati istraživanja	83
5.1. Optimizacija boje žumanca	83
5.1.1. Tehnološke karakteristike kvaliteta jaja	85
5.1.2. Boja žumanca.....	89
5.1.3. Senzorski kvalitet svežih žumanaca	115
5.1.4. Statistička obrada rezultata.....	120
5.2. Optimizacije nutritivnog sastava jaja	127
5.2.1. Hemijske analize i sastav masnih kiselina semena i ko-ekstrudata lana, lanika i konoplje	127
5.2.2. Tehnološke karakteristike kvaliteta jaja	132
5.2.3. Boja žumanca.....	142
5.2.4. Sadržaj masnih kiselina u žumancima	158
5.2.5. Sadržaj tokoferola u žumancima.....	193
5.2.6. Senzorski kvalitet svežih i kuvanih jaja	200
6. Diskusija	205
7. Zaključci.....	237
8. Literatura	244
Prilog 1	267

1. Uvod

Poslednjih decenija došlo je do značajnog porasta proizvodnje jaja, jer ona predstavljaju jeftinu i nutritivno vrednu namirnicu. Jaje se odlikuje veoma dobro izbalansiranim sadržajem proteina, masti, ugljenih hidrata, vitamina i minerala. Međutim, sa povećanjem svesti potrošača i njihovom potražnjom za zdravom hranom, javlja se zabrinutost oko upotrebe ove namirnice u svakodnevnoj ishrani.

S obzirom da je boja žumanca važan parametar kvaliteta jaja, koja utiče na plasman proizvoda na tržište, jedan od razloga za zabrinutost jeste činjenica da se za bojenje žumanaca koriste sintetički pigmenati koji štetno deluju na zdravlje ljudi. Prema podacima koje navodi EFSA (2014) nivo unosa kantaksantina za ljude mora biti limitiran u količini od 0,03 mg/kg telesne težine, zbog toga što on ima za posledicu nakupljanje obojenih kristala u retini, a prijavljen je i kao potencijalni iritant za kožu i oči. Zbog toga je neophodno umesto sintetičkih naći prirodne izvore pigmenata koji bi obezbedili poželjnu boju žumanaca. Brojna istraživanja ukazuju da se kao izvori pigmenata u ishrani kokoši nosilja mogu koristiti kukuruzni gluten, lucerka, određene vrste algi, šargarepa, paprika, neven i dr. Prirodni pigmenti (karotenoidi), pored toga što mogu da se koriste za bojenje žumanaca imaju i antikancerogena i antioksidativna svojstva, pa ovakva jaja mogu biti i efikasan sistem za usvajanje nekih karotenoida korisnih za zdravlje ljudi.

Drugi razlog, koji ima za posledicu opadajući trend potrošnje jaja, jeste svest potrošača o opasnosti od visokog nivoa holesterola i povećanog sadržaja zasićenih masnih kiselina u njima. Jaja imaju i visok sadržaj ω -6 polinezasićenih masnih kiselina (uglavnom linolne kiseline), dok je sadržaj ω -3 masnih kiselina veoma nizak.

ALA (α -linolenska), EPA (eikozapentaenska) i DHA (dokozaheksaenska) predstavljaju najbitnije ω -3 masne kiseline u ljudskoj ishrani, koje ne mogu da se sintetišu u ljudskom telu i jedini način je da

se unesu kroz hranu. Ove ω -3 masne kiseline igraju veoma važnu ulogu u rastu, razvoju i reprodukciji, a usko su povezane i sa zaštitom organizma od mnogih bolesti, naročito kardiovaskularnih. Međutim, utvrđeno je da kritični faktor efikasnosti ovih masnih kiselina zavisi od odnosa ω -6/ ω -3 masnih kiselina, a ne njihove apsolutne količine u hrani, kao i da je poželjno da on bude što bliži odnosu 1:1.

Nutritivni profil jaja lako se može obogatiti omega-3 masnim kiselinama, dodatkom specifične masne komponente, sa visokim sadržajem polinezasićenih masnih kiselina, u ishranu kokoši nosilja. Pregledom literature utvrđeno je da se kao izvor omega-3 masnih kiselina najviše koristi seme lana, a da pored lana, postoje i uljarice koje su mnogo manje korišćenje, a bogate su polinezasićenim masnim kiselinama, kao što su seme lanika i konoplje.

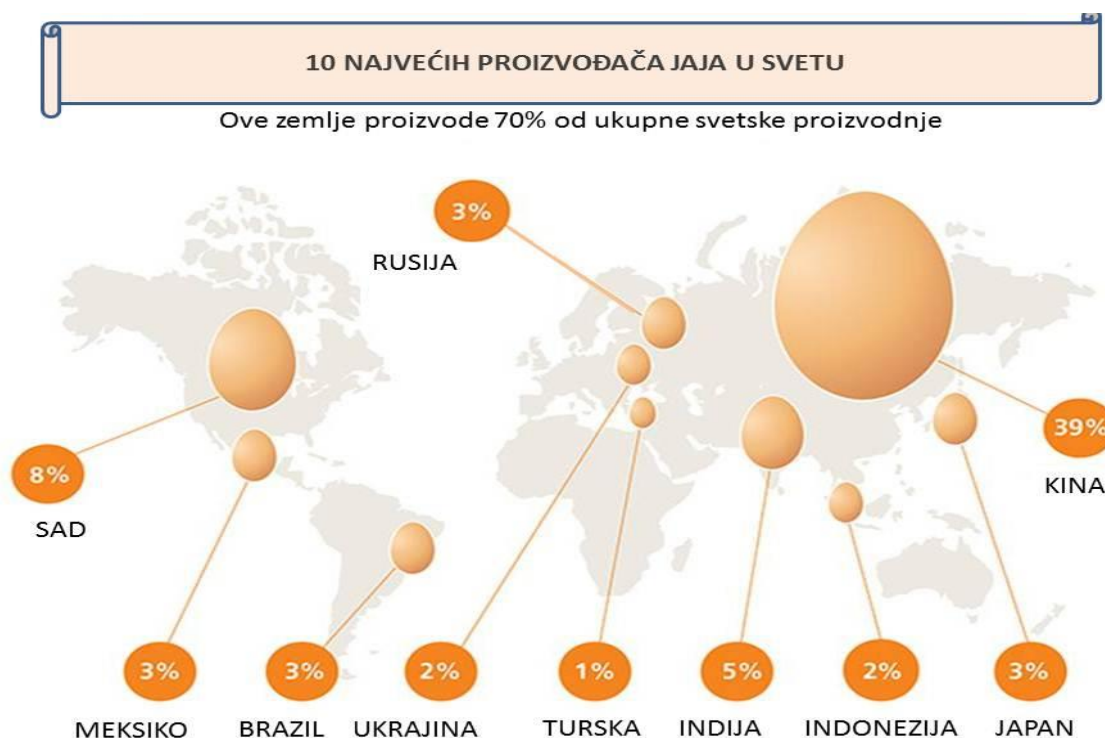
Većina uljarica bogatih omega-3 masnim kiselinama ima ograničenu upotrebu zbog prisustva antinutritivnih materija. Procesom ekstrudiranja moguće je smanjiti sadržaj antinutritivnih materija, bez narušavanja sastava masnih kiselina, pa se dobijeni ekstrudat može koristiti u ishrani kokoši nosilja u većoj količini bez negativnih uticaja na proizvodne i tehnološke parametre kvaliteta jaja.

Imajući u vidu prethodno navedeno naučno je opravdano i interesantno za praksu da se ispituju mogućnosti i efekti upotrebe nevena, šargarepe i paprike (kao prirodnih izvora pigmenata) na boju žumanca i ko-ekstrudata na bazi semena lana, lanika i konoplje na profil masnih kiselina. s obzirom na značaj i aktuelnost kreiranja funkcionalnih jaja.

2. Pregled literature

2.1. Proizvodnja jaja u svetu i Srbiji

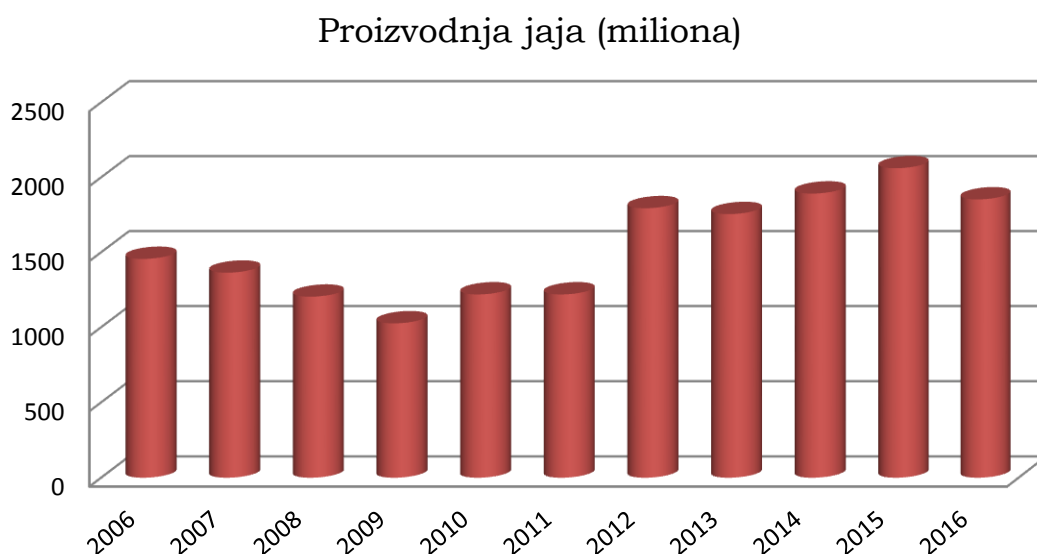
Domaće kokoške su se pojavile pre više od 8.000 godina u jugoistočnoj Aziji, a u ostale delove sveta su ih preneli mornari i trgovci. Danas su to najvažnije vrste živine na svetu. Nakon II svetskog rata, u Sjedinjenim Američkim Državama je naglo počela se razvijati proizvodnja konzumnih jaja na industrijski način, a nešto kasnije i u zapadnoj Evropi (Pavlovski i sar., 2010). U poslednje tri decenije, svetska proizvodnja jaja je povećana za više od 150%. Veći deo ovog rasta bio je u Aziji, gde je proizvodnja porasla gotovo četiri puta. Azija je danas najveći regionalni proizvođač jaja sa više od 60% ukupne proizvodnje, s tim da samo Kina proizvodi 39% svetske proizvodnje jaja (Slika 1)(FAO, 2015).



Slika 1. Najveći proizvođači jaja u svetu

U 2016. godini, globalna populacija živine iznosila je preko 22 milijarde jedinki, od čega je 56% jedinki bilo u Aziji. Kokoši čine oko 91% svetske populacije živine, patke 5%, ćurke 2%, a ostala živina čine preostalih 2%. Kokošija jaja čine 92% od ukupne proizvodnje jaja u svetu. Na regionalnom nivou, proizvodnja jaja od drugih vrsta živine iznosila je 13% u Aziji, 1% u Americi (sa 3% u Latinskoj Americi), 0,6% u Okeaniji i 0,9% u Evropi. Dok proizvodnja jaja od drugih vrsta živine, osim kokošijih, gotovo da ne postoji u Africi (FAO, 2018).

U Srbiji, živinarska proizvodnja ima dugu tradiciju i veoma je važna grana stočarstva, o čemu svedoči činjenica da ona čini 12% od ukupne vrednosti stočarske proizvodnje zemlje, a 4-5% od ukupne poljoprivredne proizvodnje (Rodić i sar., 2010). Brojno stanje živine u 2016. i 2017. godini iznosilo je nešto više od 16 miliona jedinki (RZS, 2017; 2018b), što je značajan pad u odnosu na 2012. i 2013. godinu kad je iznosilo preko 23 miliona jedinki (RZS, 2014). Srbija, je prema statističkim podacima FAO (2010) najveći proizvođač jaja među zemljama Zapadnog Balkana. Značajan porast proizvodnje jaja u Srbiji se beleži od 2013. do 2015. kada je proizvodnja jaja dosegla 2. milijarde, ali je nakon toga došlo do pada proizvodnje u 2016. godini kada se beleži vrednost od 1,85 milijardi proizvedenih jaja (Slika 2.) (FAO, 2018).

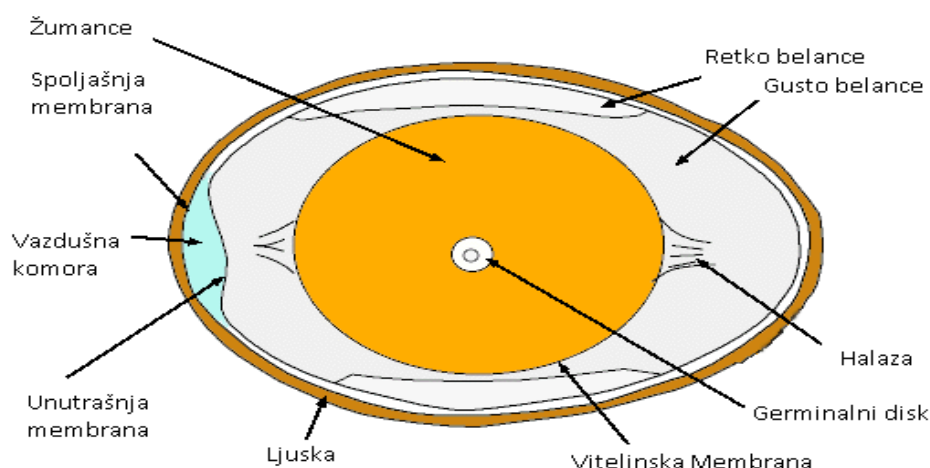


Slika 2. Proizvodnja jaja u Srbiji

Proizvodnja i potrošnja su u uzajamnoj vezi, pa tako velika potrošnja izaziva veliku proizvodnju i obrnuto. Potrošnja jaja u Srbiji po stanovniku godišnje iznosi oko 180 jaja. Ako se uzme u obzir da maloprodajna cena kokošijih jaja u Srbiji 2018. godine iznosi 13,32 dinara (RZS, 2018a) vidi se da jaja pružaju bogatu, relativno jeftinu hranu visokog kvaliteta (Mack i sar., 2005; Hodges, 2009). Naravno, niska cena će povećati potrošnju, što će opet dovesti do povećanja potražnje za datim proizvodom i njegove proizvodnje. Sve veći broj stanovnika, veća kupovna moć i urbanizacija su snažni pokretači rasta živinarskog sektora i njegove industrijalizacije u mnogim delovima sveta (Kralik i sar., 2012). Sve ovo je dovelo do toga da se u proteklih 50 godina u zemljama u razvoju potrošnja proizvoda animalnog porekla umnogome uvećala. Tako se potrošnja mleka gotovo udvostručila, potrošnja mesa utrostručila i više, dok je potrošnja jaja porasla 5 puta (Gerosa i Skoet, 2012).

2.2 Građa i hemijski sastav jaja

Jaje se sastoji iz tri osnovna dela: ljuske, belanca i žumanca (Slika 3). Udeo ovih delova u težini celog jajeta iznosi: 9-11% ljuske, 60-63% belanca i 28-29% žumanca (Mine, 2008).



Slika 3. *Struktura jajeta*

Građa jaja je ista kod svih vrsta ptica, a razlike između njih se uočavaju u masi jaja, veličini i boji, kao i u odnosu njihovih sastavnih delova (žumance, belance i ljuska) i nutritivnih materija (proteina, masti, ugljenih hidrata i dr.) (Biđin, 2010).

Prema Pravilniku o kvalitetu jaja i proizvoda od jaja („Sl. List SFRJ“ br. 55/89 i „Sl. list SCG“ br. 56/2003 - dr. pravilnik i 4/2004 - dr. pravilnik), jaja (I) i (II) kvaliteta stavljaju se u promet klasirana prema masi u sedam klasa kako je prikazano u Tabeli 1.

Tabela 1. Klasiranje konzumnih jaja prema masi

Klasa jaja	Masa jaja
klasa (SU)	70 g i više od toga
klasa (S)	od 70 g do 65 g
klasa (A)	od 65 g do 60 g
klasa (B)	od 60 g do 55 g
klasa (C)	od 55 g do 50 g
klasa (D)	od 50 g do 45 g
klasa (E)	manje od 45 g

Masa žumanca i belanca varira u zavisnosti od mase celog jajeta. Ove vrednosti su uslovljene genetikom i starošću kokoši nosilja, a zavise i od odnosa žumance/belance, koji sa starošću kokoši nosilja ide u korist mase žumanca (Ahn i sar., 1997). Udeo ljuske se ne menja sa masom jaja (Biđin, 2010).

Ljuska predstavlja čvrsti deo jajeta koju grade tri sloja:

- *Kutikula*
- *Matriks ljuske* (vertikalni kristalni sloj, palisadni sloj, mamilarni sloj)
- *Membranski sloj*

Kutikula predstavlja najveći spoljašnji sloj debljine 10-30 μm , izgrađen od spoljašnjeg organskog sloja i unutrašnjeg mineralnog sloja (Dennis i sar., 1996). Kutikula ima funkciju zaštitne barijere.

Idući od spoljašnjeg ka unutrašnjem delu, tri sloja grade *matriks ljuske*: vertikalni kristalni sloj, palisadni sloj i mamilarni sloj. Najveći deo vertikalnog kristalnog sloja je izgrađen od kalcijum karbonata. Kalcifikacija ljuske jajeta je jedan od najbržih poznatih biomineralizacionih procesa koji se odigrava u jajovodu kokoške, 5-22 h nakon ovulacije (Nys i sar., 1999; Mine, 2008).

Membranski sloj ljuske se sastoji od spoljašnje i unutrašnje membrane. Ova struktura je vrlo važna i ima funkciju zaštitne barijere od penetracije mikroorganizama. Oba sloja membrane su izgrađena od vlakana, kolagena tipa X, koja su postavljena kao mreža i igraju veoma važnu ulogu u normalnoj formaciji ljuske (Arias i Fernandez, 2001).

Belance obavlja žumance slojevima različitog viskoziteta. Količinski odnos pojedinih slojeva, od centra ka periferiji, ide od vrlo viskoznog sloja-halaze (2,7%), unutrašnjeg retkog belanca (16,8%), gustog belanca (57,3%) do spoljašnjeg retkog belanca (23,3%) (Burley i Vadehra, 1989). Viskozitet belanca zavisi od sadržaja ovomucina. Belance je obavijeno sa dve opne, unutrašnjom tanjom i spoljašnjom debljom. Na tupom delu jajeta između dve membrane, formira se vazдушna komora.

Vazдушna komora predstavlja prostor ispunjen vazduhom koji se formira između dve ljuskinne membrane na tupom kraju jajeta (Biđin, 2010). Nakon ovopozicije (nošenja jaja) jaje se hladi što dovodi do skupljanja njegovog sadržaja i formiranja vazdušnog prostora između dve membrane. Sa povećanjem dužine vremena skladištenja jaja, vazдушna komora se povećava, tako da se određivanjem njene veličine može odrediti starost, odnosno svežina jajeta (Samli i sar., 2005).

Halazni sloj predstavlja želatinozni sloj koji direktno naleže na vitelinsku opnu žumanca. Ova struktura se u obliku končića proteže sa oba kraja ka žumancu. Izražene debele halaze su indikator visokog kvaliteta i svežine jajeta. Uloga ovih struktura je da drži žumance u centralnom položaju jajeta (Mine, 2008).

Vitelinska membrana je bezbojna struktura koja obavija žumance sprečavajući njegovo izlivanje. U svežem jajetu vitelinska membrana je debljine oko 10 μm i sačinjena je od tri sloja. Spoljašnji i unutrašnji sloj su debljine po 5 μm , dok treći kontinualni sloj, blisko naleže na unutrašnji sloj i debljine je svega 0,1-0,2 μm (Mineki i Kobayashi, 1997).

Žumance je emulzija koja se sastoji od masti, proteina, vode, vitamina i mineralnih materija. Detaljan sastav žumanca dat je u tabelama 2. i 3. Žumance se sastoji od dve vrste lipoproteinske emulzije tamnije i svetlije. Tamnije žumance se formira danju, dok se svetlije formira noću što uslovljava cirkularnu pojavu ovih slojeva (Mine, 2008). Boja žumanca varira od svetlo žute do tamnije, narandžaste nijanse. Ona uglavnom zavisi od ishrane kokoši nosilja i nije povezana sa nutritivnim kvalitetom žumanca.

Hemijski sastav jaja

Jaje se odlikuje veoma dobro izbalansiranim sadržajem proteina, masti, ugljenih hidrata, vitamina i minerala. Osnovni hemijski sastav jaja prikazan je u Tabeli 2., a sastav masnih kiselina u Tabeli 3. (USDA, 2010).

Tabela 2. Osnovni hemijski sastav jaja*

Nutritijenti, %	Tečno/Zamrznuto			Sušeno		
	Celo jaje	Žumance	Belance	Celo jaje	Žumance	Belance
Proteini	12,56	15,86	10,90	47,35	34,25	82,40
Vlaga	76,15	52,31	87,57	3,10	2,95	8,54
Masti	9,51	26,54	0,17	40,95	55,80	0,04
Pepeo	1,06	1,71	0,63	3,65	3,40	4,55
Ugljeni hidrati	0,72	3,59	0,73	4,95	3,60	4,47
Glukoza	<0,1	0,2	0,3	0,3	<0,1	0
Kalorije - kcal	143	322	52	594	666	376
Holesterol- mg	372	1085	0	1507	2052	0

*USDA, Nacionalna nutritijent baza, izdanje 23, 2010

Tabela 3. Sastav masnih kiselina u jajetu*

Lipidi/100g	Tečno/Zamrznuto			Sušeno		
	Celo jaje	Žumance	Belance	Celo jaje	Žumance	Belance
<i>Zasićene MK</i>	3,126	9,551	0	12,727	17,154	0
14:0 Miristinska	0,033	0,104	0	0,139	0,180	0
16:0 Palmitinska	2,231	6,860	0	9,233	12,559	0
18:0 Stearinska	0,811	2,417	0	3,291	4,326	0
<i>Mononezasićene MK</i>	3,658	11,738	0	15,337	21,129	0
16:1 Palmitoleinska	0,201	0,918	0	1,009	1,373	0
18:1 Oleinska	3,411	10,701	0	14,162	19,536	0
20:1 Eikozenoična	0,027	0,086	0	0,116	0,149	0
<i>Polinezasićene MK</i>	1,1911	4,204	0	5,804	7,895	0
18:2 Linolna	1,555	3,538	0	4,614	6,423	0
18:3 Linoleinska	0,048	0,103	0	0,111	0,126	0
18:4 Stearidonska	0	0	0	0,056	0,068	0
20:4 Arahidonska	0,188	0,438	0	0,569	0,837	0
20:5 EPA ⁺	0	0,011	0	0,278	0,203	0
22:6 DHA ⁺⁺	0,058	0,114	0	0,176	0,239	0
Trans masti	0,038	N/A	0	N/A	N/A	0

*USDA, Nacionalna nutritijent baza, izdanje 23, 2010. ⁺ EPA- eikozapentaenska kis.,
⁺⁺DHA- dokozaheksaenska kis.

Belance

Glavni konstituent belanca je voda (84-89%), dok su proteini zastupljeni sa 10-11%, Takođe, u belancu su prisutni ugljeni hidrati, lipidi, vitamini i minerali, ali u vrlo malim količinama. *Ovalbumin* je glavni protein belanca, predstavlja 54% od ukupnog sadržaja proteina i jedan je od prvih proteina koji su izolovani u čistom obliku. *Ovalbumin* je glavni alergen koji izaziva IgE posredovane alergijske reakcije kod dece (Mine, 2008). *Ovotransferin* predstavlja 12% od ukupnog sadržaja proteina belanca. Ovaj protein igra vrlo važnu ulogu u zaštiti unutrašnjeg sadržaja jajeta od mikrobiološke kontaminacije. *Ovomukoid* predstavlja 11% od ukupnog sadržaja proteina belanca, termički je veoma stabilan (Jurić i sar., 2005). *Ovomucin* predstavlja 3,5% od ukupnog sadržaja proteina belanca. To je glikoprotein koji daje želatinoznu strukturu belancu.

Ovoglobulin belanca označen je kao ovoglobulin G3 i G4, svaki od njih je u belancu zastupljen sa 4%. Iako biološka uloga ovoglobulina nije baš sasvim jasna smatra se da može biti značajna za osobinu penušanja belanca (Sugino i sar., 1997). *Lizozim* predstavlja 3,5% od ukupnog sadržaja proteina belanca. Lizozim poseduje snažnu antimikrobnu aktivnost protiv Gram-pozitivnih bakterija i mnogo manju protiv Gram-negativnih bakterija. *Ovomakroglobulin* je poznat kao *ovostatin*, sastoji se od 4 subjedinice povezane disulfidnim vezama (Mine, 2008). *Ovoflavoprotein* predstavlja 0,8% od ukupnog sadržaja proteina belanca a odgovoran je za vezivanje riboflavina belanca (vitamin B2). *Ovoglikoprotein* je kiseli glikoprotein koji predstavlja 1% od ukupnog sadržaja proteina belanca. Biološka uloga ovog proteina nije jasna. *Ovocistatin* predstavlja 0,06% a *avidin* 0,05%, od ukupnog sadržaja proteina belanca. *Ovoinhibitor* predstavlja 1,5% od ukupnog sadržaja proteina belanca. Ovaj protein pripada Kazal familiji proteinaza inhibitora (Saxena i Tayyab, 1997).

Belance ima vrlo nizak sadržaj lipida (0,03% w/w). Od ugljenih hidrata, glukoza je glavni slobodni šećer u količini od 0,8-1% težine belanca. Glavni minerali belanca su sumpor, kalijum, natrijum i hlor, dok se fosfor, kalcijum i magnezijum nalaze u manjim količinama kao i ostali mikroelementi. Belance ne sadrži vitamine rastvorljive u mastima, ali sadrži značajne količine vitamina rastvorljivih u vodi (niacin, biotin riboflavin). Veliki broj vitamina belanca je prisutan u vezanoj formi sa proteinima belanca. Belance kao i celo jaje ne sadrži vitamin C (Mine, 2008).

Žumance

Žumance predstavlja najhranjiviji deo jajeta. Žumance sadrži oko 50% čvrste materije, od čega 60-75% čine lipidi, a 30% čine proteini. Konstituenti čvrste materije vitelinske membrane žumanca se razlikuju od konstituenata samog žumanca. Vitelinska membrana sadrži više proteina (87%) i ugljenih hidrata (10%) u odnosu na lipide (3%) (Back i sar., 1982).

Žumance sadrži 16% proteina od kojih su najzastupljeniji: Lipoprotein niske gustine (Low-Density Lipoprotein (LDL), Lipoprotein

visoke gustine (High-Density Lipoprotein (HDL), Fosvitin i Livetin (Oloyede i Ikuelogbon, 2004). *LDL* predstavlja 2/3 čvrste supstancije žumanca. Veruje se da je odgovoran za funkcionalna svojstva jajeta, naročito za emulgujuće osobine (Mine, 2008). *HDL* se sastoji od α - i β - lipovitelina koji se razlikuju po sastavu aminokiselina, ugljenohidratnom delu i vezama fosfora. Oba ova proteina su glikokonjugati sa manozom, galaktozom, glukozaminom i sijalinskom kiselinom. *Fosvitin* je fosfoglikoprotein koji sadrži oko 10% fosfora. Osim fosfora fosvitini sadrže 2,5% heksoze, 1% heksozamina i 2% sijalinske kiseline, a za razliku od drugih proteina ne sadrže lipide. Livetin je u vodi rastvorljiv, globularni glikoprotein i u imunološkom pogledu analogan je proteinskoj frakciji plazme krvi sisara. Ovaj protein čini oko 30% proteina plazme, a sačinjen je od: α , β i γ -livetina (Yamamoto i sar., 1996). U žumancu su identifikovani brojni enzimi, naročito u plazmi gde je najzastupjenija holinesteraza (Burley i Vadehra, 1989).

Lipidi žumanca su glavna komponenta čvrste materije žumanca (32-36%). Lipide žumanca čine: trigliceridi (65%), fosfolipidi (28-30%) i holesterol (4-5%). Sastav lipida u žumancu uslovljen je mnogobrojnim faktorima uključujući genotip, starost i način ishrane kokoši nosilja (Mine, 2008). Najzastupljenije masne kiseline u žumancu su oleinska, palmitinska, linolna i stearinska. Trigliceridi su estri glicerola i tri masne kiseline. Pozicija 1 je pretežno zauzeta sa zasićenom palmitinskom kiselinom, dok se na poziciji 2 nalaze nezasićena oleinska ili linolna kiselina. Pozicija 3 uključuje obe tipa masnih kiselina, zasićene (palmitinsku i stearinsku) i nezasićenu (oleinsku) kiselinu. Tako da su palmitinska (C16:0) i stearinska (C18:0) zastupljene u količini od 30 - 38% od ukupnih masnih kiselina, dok mononezasićena oleinska (C18:1) i polinezasićene linolna kiselina (C18:2) i arahidonska (C20:4), predstavljaju po 1/3 preostalih masnih kiselina (Mine, 2008). Fosfolipidi čine 28 - 30 % lipida u žumancu jajeta. Glavne fosfolipide žumanca u količini od 81% predstavljaju fosfatidilholin i fosfatidiletanolamin, dok je sadržaj lecitina 12%, a sfingomijelina svega 2% od ukupnih fosfolipida žumanca. Fosfatidilholin se sastoji od holina i glicerofosforne kiseline sa različitim

masnim kiselinama, od kojih su najzastupljenije palmitinska, oleinska, stearinska i linolna (32%, 26%, 16% i 13%), kao i nešto manje zastupljene arahidonska i dokozaheksaenska u količini od 4,8% i 4% (Yamamoto i sar., 1996). Dodatkom različitih izvora ulja u hranu za kokoši nosilje može da se utiče na smanjenje sadržaja zasićenih masnih kiselina u ukupnim lipidima, ali ne može na njihov sadržaj u fosfolipidima (Kivini i sar., 2004).

Jedno žumance prosečno sadrži 226 mg holesterola. Slobodni holesterol predstavlja oko 84% od ukupnog holesterola. Sadržaj holesterola u jajima je uslovljen genotipom i starošću kokoši nosilja (Zemková i sar., 2007). Ulažu se veliki naponi da se dodavanjem prirodnih aditiva smanji sadržaj holesterola. Genetička selekcija kokoši nosilja na niži nivo holesterola nije pokazala značajne rezultate. Brojna istraživanja ukazuju da se redukcija sinteze holesterola kod kokoši nosilja kao i njegova redukcija u jajima može postići putem suplementacije ishrane (Mine, 2008).

Sadržaj ugljenih hidrata u žumancu iznosi 0,7-1%, uključujući i slobodne ugljene hidrate. Procenjeno je da se 0,3% glukoze nalazi u slobodnoj formi, dok se ostatak nalazi u vezanoj formi kao glikolipidi i glikoproteini. Sadržaj minerala u žumancu iznosi 1%. Glavni mineral u žumancu je fosfor u količini od 61%, dok su količine kalcijuma, natrijuma, kalijuma, hlora, sumpora, magnezijuma i mangana znatno manje. Dodatkom različitih minerala u ishranu kokoši nosilja može da se poveća njihov sadržaj u žumancima (Pappas i sar., 2005). Veće količine vitamina nalaze se u žumancu nego u belancu, sa izuzetkom niacina i riboflavina. Povećanjem nivoa vitamina E u hrani za kokoši nosilje doći će do linearnog povećanja njegovog sadržaja u žumancima (Meluzzi i sar., 2000).

2.3. Boja žumanca

Boja žumanca je vidljivi rezultat nakupljanja pigmenata i njihove sposobnosti da ga oboje (Rowghani i sar., 2006; Sredanović i sar., 2006). Pigmenti žumanca predstavljaju mešavinu *karotena* i *ksantofila* koji zajedno spadaju u veliku grupu – *karotenoida* (Velišek i Hajšlová, 2009).

Reč karotenoidi potiče od latinske reči za šargarepu- *Daucus carota* (Sausserde i Kampuss, 2014) odakle je 1831. godine prvi put izolovan β -karoten (Sourkes, 2009). Do sada je izolovano više od 750 različitih vrsta karotenoida iz prirodnih izvora, i još uvek traje identifikacija novih (Ramawat i Merillon, 2013). Neki od najznačajniji koji su prisutni u svakodnevnoj ishrani su: α - i β -karoten, likopen, β -kriptoksantin, zeaksantin i lutein (Britton i Khachik, 2009). Karotenoidi su žuti, narandžasti i crveni pigmenti rastvorljivi u mastima. Karoteni se sastoje samo od atoma ugljenika i vodonika, a njihovi predstavnici su α - i β -karoten, likopen i dr. Ksantofili su oksikarotenoidi koji sadrže najmanje jednu funkcionalnu grupu sa kiseonikom, kao što su hidroksi, keto, epoksi, metoksi ili karboksilne kiseline (Ramawat i Merillon, 2013).

Od karotena u žumancu je najzastupljeniji β -karoten a od ksantofila lutein. Sadržaj pigmenata u žumancu izražen kao β -karoten jako varira i kreće se u intervalu od 11 – 87 mg/kg (Bovšková i sar., 2014), dok se sadržaj ksantofila u jajetu kreće u intervalu od 0,3 – 0,5 mg od čega je više od polovine prisutno u obliku lutena (Kerep i sar. 2012).

Ovako veliki opseg variranja količine pigmenata u žumancu je posledica mnogih faktora. Naime, kokoši nosilje nemaju sposobnost sintetisanja pigmenata žumanca sopstvenim biohemijskim procesima, ali 20-60% boje unešene hranom prenosi se u žumance (Bartov i Bornstein, 1980). Nakon apsorpcije u digestivnom traktu, karotenoidi se transportuju u krv kao lipoproteini bogati trigliceridima (Salma i sar., 2007), odakle se značajna količina karotenoida deponuje u žumance (Rowghani i sar., 2006; Sredanović i sar., 2006). Efikasnost pigmentacije bilo kog oksikarotenoida određuje se njegovom svarljivošću, njegovom brzinom metaboličkog prenosa uključujući metaboličke modifikacije, specifičnog afiniteta za specijalna ciljna tkiva i njegove specifične nijanse boje (Hamelin i Altemueller, 2012). Održavanje ujednačene boje žumanca zavisi od količine, sposobnosti bojenja i stabilnosti dijetetskih karotenoida (Nys, 2000). Na apsorpciju karotenoida takođe utiče: njihova polarnost, sadržaj masti i vitamina u hrani, kao i rasa i pol životinje (Na i sar., 2004).

Karotenoidi nisu važni samo kao prirodni pigmenti, već i kao biološki aktivne materije (Faulks i Southon, 2005). Uloga karotenoida je višestruka. Kod kokoši nosilja oni su indikator bolesti. Bleda žumanca su znak da kokoške imaju neku infekciju creva ili poremećenu apsorpciju. Boja žumanca se najčešće meri pomoću Roche lepeze (Roche Yolk Colour Fan) koja ima vrednosti od 1 (bledo žuta) do 15 (tamno narandžasta) (Slika 4) (Rakonjac i sar., 2014). U većini zemalja Evrope i Azije potrošači konzumiraju jaja sa žuto-narandžastom bojom žumanca koja imaju vrednost prema Roche lepezi od 10 – 14, dok potrošači u SAD više vole jaja sa svetlijom bojom žumanca od 7 -10 prema Roche lepezi (Galobart i sar., 2004), ali to zavisi i od geografske lokacije, kulture i tradicije (Beardsworth i Hernandez, 2004).



Slika 4. *Boja žumanca*

Na samom području Evrope postoje velike razlike u zahtevima potrošača prema boji žumanca, tako da u Irskoj, severnoj Engleskoj i Švedskoj potrošači više vole jaja sa svetlijom bojom žumanca (8-9 prema Roche lepezi), potrošači u Finskoj, južnoj Engleskoj i Francuskoj vole umereno žuto-narandžasta žumanca (11-12 prema Roche lepezi), dok potrošači u Holandiji, Nemačkoj, Belgiji, Španiji, Italiji i Hrvatskoj vole tamnije obojena žumanca (12-14 prema Roche lepezi) (Hernandez, 2005; Kralik i sar., 2006; Bovšková i sar., 2014).

2.4. Metode određivanja boje žumanca

Boja je veoma značajna karakteristika hrane i često najvažniji činilac pri njenoj kupovini. Doživljaj boje zavise od sastava spektra svetla koje pada na posmatrani predmet, sastava materijala s kojeg se svetlo reflektuje ili propušta, kao i čovekovog osećaja boje, koji prima putem čula vida i mozga. Boja je psihofizičko svojstvo, što znači da će dva različita posmatrača jedan isti uzorak pod jednakim osvetljenjem videti drugačije ili čak isti posmatrač u različitim delovima dana (Mihoci, 2015). Zato je potrebno koristiti neku pouzdanu metodu da bi se uklonila ta promenljivost i opisala boja.

Za određivanje boje danas postoji mnogo različitih metoda, ali se sve one mogu podeliti u dve grupe: vizuelne i instrumentalne. Vizuelno merenje boje se zasniva na upoređivanju boje sa nekim poznatim fizičkim standardom koji je prihvaćen kao referentan. Najčešće se koriste „kolor atlas“ ili vizuelni instrumenti za definisanje boje (kolorimetri) (Đurišić i sar., 2007; Škaljac, 2014).

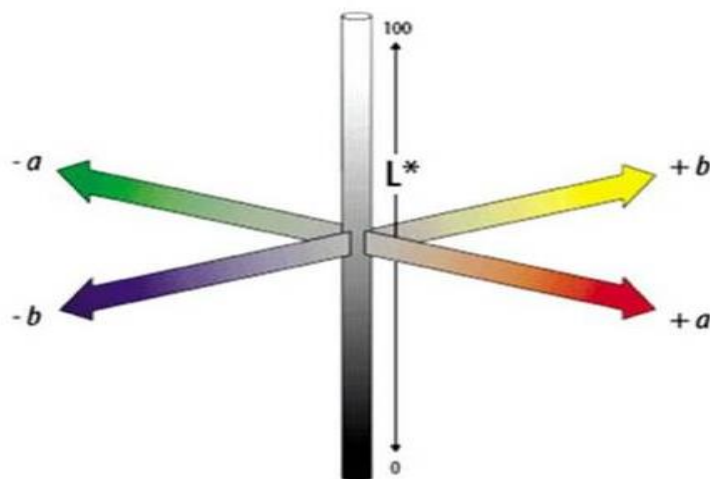
Za vizuelno određivanje boje žumanaca koristi se metoda poređenja sa Roche lepezom (Roche yolk color fan, Hoffman-La Roche Ltd, Basel, Switzerland). Vrednosti lepeze kreću se od 1 (najsvetlija, blede žuta) do 15 (najtamnija narandžasta). Metoda određivanja boje žumanca pomoću Roche lepeze je veoma rasprostranjena i u proizvodnim uslovima, s obzirom da je izuzetno jednostavna, a vremenski i novčano nije zahtevna.

Osamdesetih godina 20. veka počeli su da se koriste kolorimetri i hromometri. Ovi uređaji su omogućili da se dobijeni rezultati sagledaju preko različitih parametara iskazanih u nekoliko sistema boja. Sistemi za definisanje boje su:

- CIE (CIE L*a*b*; CIE L*C*h; CIE Yxy) sistem boja
- Hunter-ov (Lab) sistem boja
- Munsell-ov sistem boja
- Ostwald-ov sistem boja

Od navedenih sistema, u prehrambenoj industriji se najčešće koristi CIE L*a*b* sistem boja. Internacionalna komisija za osvetljenje je 1976.

god. preporučila CIE $L^*a^*b^*$ sistem za definisanje boje kao standardni sistem koji bi se mogao koristiti u svim oblastima. CIE $L^*a^*b^*$ sistem je zasnovan na trodimenzionalnom bojenom prostoru sa tri koordinate (L^* ; a^* ; b^*), koji je omogućio ujednačavanje razlika u boji u odnosu na vizuelnu ocenu. U ovom sistemu boja se definiše preko L^* , a^* , b^* koordinata gde su one definisane na sledeći način: L^* je koordinata svetloće boje (gde 0 označava crno, a 100 belo), a^* je crveno-zelena koordinata (gde $+a^*$ - označava crvenu i $-a^*$ - označava zelenu boju) i b^* je žuto-plava koordinata (gde $+b^*$ - označava žutu i $-b^*$ - označava plavu) (Slika 5).

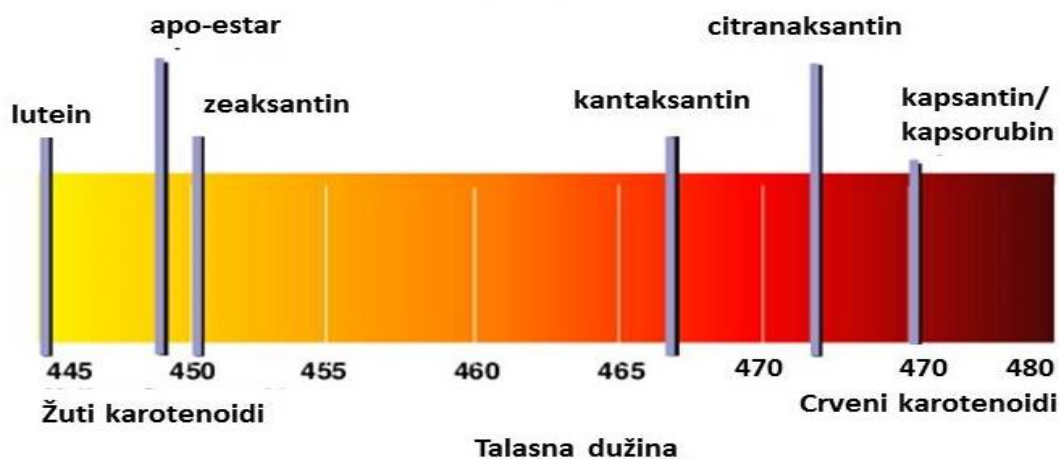


Slika 5. CIE $L^*a^*b^*$ sistem (Konica, 2007)

Instrumentalne metode za određivanje boje pružaju objektivne podatke, a ne subjektivan doživljaj boje. Pravilnim održavanjem i uz odgovarajuću kalibraciju daju vrlo tačne i precizne rezultate. Pored gore navedenih metoda, za određivanje boje žumanca koriste se još i spektrofotometrijsko određivanje boje, kao i HPLC metoda.

Spektrofotometrijsko određivanje boje žumanca podrazumeva svođenje pigmenta u žumanca na β -karoten. Spektrofotometar je uređaj koji meri promene u refleksiji, transmisiji ili zračenju, u intervalima, duž talasnih dužina vidljivog dela spektra (Slika 6). Prilikom određivanja boje najčešće se primenjuju talasne dužine od 400 nm do 700 nm (Mihoci, 2015). Spektrofotometar je uređaj koji može da meri intenzitet svetlosti kao funkciju talasne dužine. Metoda je relativno rasprostranjena u

komercijalnim laboratorijama za ispitivanje hrane. Kod spektrofotometrijskih metoda, problem koji se najčešće javlja jeste odabir odgovarajućeg standarda sa kojim bi se uporedili ekstrahovani pigmenti. Za određivanje boje žumanca se kao standard najčešće upotrebljava β -karoten.



Slika 6. Talasne dužine karotenoida koji se koriste u ishrani kokoši nosilja (Schlatterer i Breithaupt, 2006)

Usled činjenice da se u žumancu nalaze pigmenti u malim koncentracijama (mg ili μ g) za njihovo određivanje potrebne su izuzetno osetljive i pouzdane metode. Visoko performansna ili tečna hromatografija visokog pritiska (HPLC, High pressure liquid chromatography) je savremena analitička metoda koja omogućava razdvajanje, identifikaciju i kvantifikaciju pigmenata iz žumanca, što nije moguće sa napred navedenim metodama. Princip rada ove metode se zasniva na tome da se mala količina uzorka koji je specijalno pripremljen injektuje u sistem, gde pod dejstvom pumpe biva nošen kroz sistem zajedno sa mobilnom fazom i unet na kolonu. Na koloni dolazi do interakcije između uzorka i stacionarne faze, i u zavisnosti od jačine tih interakcija zavisice vreme zadržavanja uzorka na koloni. Vreme za koje se uzorak ispere sa kolone naziva se retenciono vreme, R_t . Na osnovu poređenja retencionog vremena uzorka sa R_t vremenom standarda indentifikuje se određeni pigment. Za

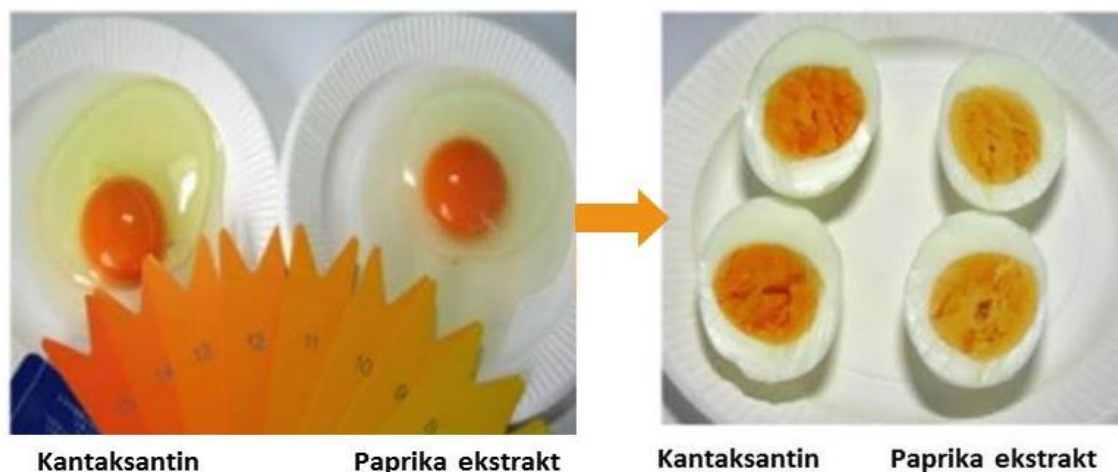
svaki HPLC sistem je vezan detektor, koji registruje i šalje električni signal kompjuteru koji obrađuje dobijene hromatograme.

2.5. Uticaj sintetičkih i prirodnih izvora pigmenata na boju žumanca

U industrijskoj proizvodnji konzumnih jaja proizvođači najčešće koriste sintetičke pigmente. Prema Pravilniku o kvalitetu hrane za životinje (2010) dozvoljeno je da se za bojenje žumanaca koriste: kantaksantin, kriptoksantin, kapsantin, β -karoten, lutein, zeaksantin, citranaksantin, β -apo-8-karotinska kiselina-etilester i β -apo-8-karotinal do najviše 80 mg/kg, pojedinačno ili zajedno sa ostalim karotenima i ksantofilima.

Visok nivo unosa kantaksantina ima za posledicu nakupljanje obojenih kristala u retini (Grashorn i Steinberg, 2002). Kantaksantin je takođe prijavljen i kao potencijalni iritant za kožu i oči. Zbog toga je limitiran nivo unosa kantaksantina za ljude u količini od 0,03 mg/kg telesne težine (Efsa Panel on Additives Products or Substances used in Animal Feed, 2014). Upotreba sintetičkih pigmenata je potpuno zabranjena u organskoj proizvodnji (Chowdhury i sar., 2008), dok u nekim zemljama, kao što je Švedska, državnim propisima nije dozvoljena upotreba tih aditiva ni u komercijalnoj proizvodnji jaja (Roberts, 2004).

Istraživanje Schlatterer i Breithaupt (2006) otkrilo je prisustvo šest karotenoida u žumancima i to luteina, zeaksantina i kantaksantina u najvišim količinama, a zatim citranaksantina, apo-karoten-estra i kriptoksantina. Organska jaja sadrže samo lutein, zeaksantin i kriptoksantin, jer zakonska regulativa ne dozvoljava nikakav sintetički karotenoid u hrani. Eksperimenti sa kuvanim jajima pokazali su da su apo-karoten-estar i kantaksantin imali najvišu stabilnost posle kuvanja jaja, dok su lutein i kapsantin u najvećoj meri degradirani (Slika 7).

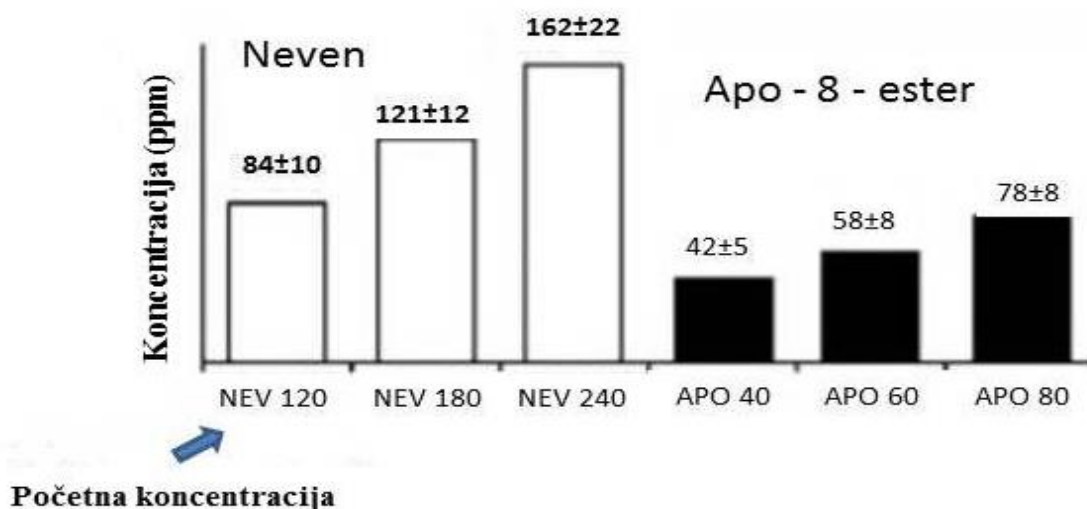


Slika 7. *Stabilnost pigmentata nakon kuvanja jaja*

Za postizanje željene boje žumanca preporučuje se mešavina žutih i crvenih ksantofila u ishrani kokoši nosilja (Grashorn i Steinberg, 2002; Galobart i sar., 2004). Ukoliko se upotrebljavaju jedino žuti pigmenti u ishrani kokoši nosilja potrebna je njihova veća količina da bi se postigle vrednosti 13 prema Roche lepezi, što ekonomski nije isplativo (Baiao i sar., 1999; Galobart i sar., 2004). Zrno kukuruza sadrži od 9,9 – 39,96 mg/kg karotenoida (Hulshof i sar., 2007). Iako se kukuruz u ishranu kokoši nosilja dodaje u količini preko 50%, u Hrvatskoj i do 70 % (Kljak i sar., 2012), istraživanja su pokazala da, kukuruz kao jedini izvor pigmentata nije dovoljan za postizanje željene boje žumanca jer sadrži samo žuti pigment (Shahsavari, 2014). Međutim, ukoliko se mešaju crveni i žuti karotenoidi postiže se željena boja žumanca i pri nižim koncentracijama pigmentata u hrani za kokoši nosilje (Amaya i sar., 2014). Ukoliko bi se koristili samo crveni pigmenti dobila bi se crvenkasta boja žumanca koja ne može da se odredi prema Roche lepezi (Gurbuz i sar., 2003). Zato je važno da se odabere prava kombinacija žutih i crvenih pigmentata, pri čemu treba voditi računa i o pigmentima u drugim sirovinama koje se koriste u ishrani kokoši nosilja ukoliko ga one poseduju (Amaya i sar., 2014).

U zemljama gde je proizvodnja žutog kukuruza limitirana, a kao sirovine u ishrani kokoši nosilja se koriste isključivo pšenica i ječam, dolazi do nedovoljne obojenosti žumanca. U tom slučaju je neophodno

dodavanje pigmenata za postizanje željene boje žumanca, koji mogu biti prirodni ili sintetički (Gurbuz i sar., 2003). Pošto je efikasnost pigmentacije sa karotenoidima prirodnog porekla ograničena danas se uglavnom u formulaciji smeša za ishranu kokoši nosilja koriste sintetizovani oksikarotenoidi, uprkos tome što imaju štetno delovanje na zdravlje potrošača (Grashorn i Steinberg, 2002). Različite studije navode da je odnos efikasnosti za bojenje žumanca između sintetičkog apo-estra i prirodnih ksantofila iz nevena najmanje 3:1 (Balnave i Bird, 1996; Klunter i sar., 1998; Sirri i sar., 2007). Još jedan od razloga zašto se koriste sintetički pigmenti je njihova stabilnost tokom perioda skladištenja hrane. Kao što je prikazano na Slici 8. stabilnost sintetičkih pigmenata nakon 10 nedelja skladištenja hrane je bila od 97-100%, dok je stabilnost prirodnih pigmenata daleko manja oko 70% (Sirri i sar., 2007).

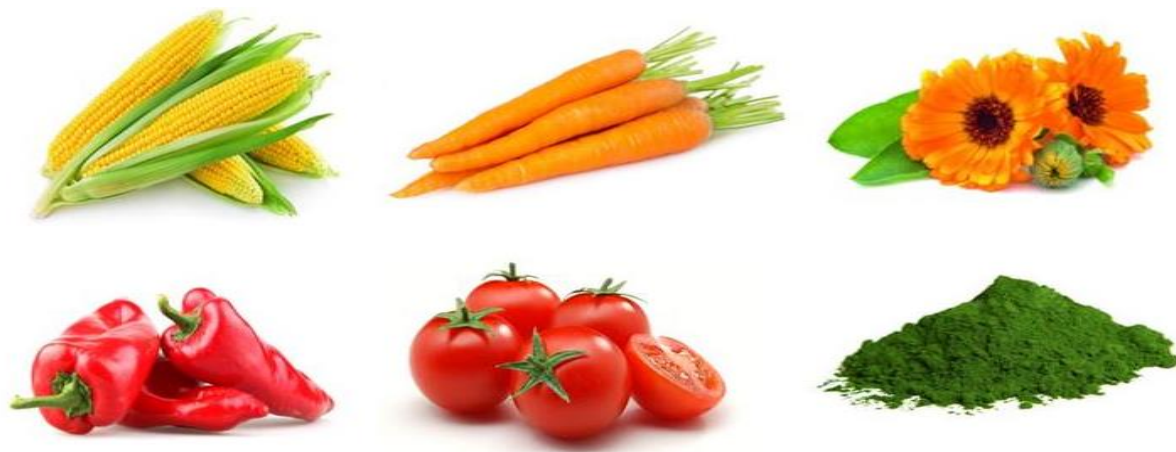


Slika 8. Stabilnost pigmenata tokom skladištenja (Sirri i sar., 2007).

Međutim, edukacijom potrošača, kao i povećanjem svesti o njihovoj štetnosti, poslednje dve decenije, javno mnjenje sve jasnije izražava odbojnost prema upotrebi sintetičkih pigmenata i zahteva prirodne pigmenata za poboljšanje boje žumanca (Ferrante i sar., 2003).

Prirodni pigmenti, ne samo da su korisni za bojenje žumanca već imaju i antikancerogena i antioksidativna svojstva (Tuli i sar., 2015).

Dobro poznati prirodni izvori pigmenata su: kukuruz, kukuruzni gluten, lucerka (Galobart i sar., 2004), paradajz, određene vrste algi, plesni, dudovo lišće, šargarepa (Hammershøj i sar., 2010), paprika, cvet nevena (Santos-Bocanegra i sar., 2004; Lokaewmanee i sar., 2010) kao i i cvet šafrana (Rowghani i sar., 2006) (Slika 9).



Slika 9. Izvori karotenoida u ishrani kokoši nosilja

2.5.1. Neven kao prirodni izvor pigmenata

Neven (*lat. Calendula officinalis*) je biljka iz porodice glavočika (*Asteraceae*) (Slika 10).



Slika 10. Neven (*Calendula officinalis*)

To je lekovita biljka, a njegovo cveće se koristi kao važan sastojak farmaceutske i prehrambene industrije (Cromack i Smith, 1998). Poslednjih godina, uočen je trend upotrebe cveta nevena kao dodatka u

ishrani životinja gde on predstavlja prirodni izvor pigmenata (Galobart i sar., 2004). Boja cvetova nevena može da varira od žute do narandžaste. Širok spektar boja cvetova potiče od prisutnih karotenoida, a njihova nijansa zavisi od količine i sastava tih pigmenata (Fernández-García i sar., 2012). Objavljeno je nekoliko istraživanja koji su se bavila količinom karotenoida kao i njihovim sastavom u cvetovima nevena. Raal i sar. (2009) i Toom i sar. (2007) su otkrili da se ukupan sadržaj karotenoida u 42 ispitana uzorka razlikovao od 200 mg do 3510 mg na 100 g suvih cvetova. Kishimoto i sar. (2005) uspeali su da indentifikuju 19 različitih karotenoida u cvetovima nevena. Cvetovi nevena kako Delgado-Vargas i sar. (1998) navode predstavljaju značajan izvor ksantofila i imaju mnogo veću koncentraciju ovih pigmenata u poređenju sa drugim biljnim materijalima. Cvet nevena je jedan od najkoncentrovanijih izvora luteina (12 g/kg ukupnih ksantofila, od čega 80-90% čini lutein) (Galobart i sar., 2004).

Brojna istraživanja potvrdila su da upotreba nevena u ishrani kokoši nosilja ne utiče negativno na produkciju jaja, utrošak hrane, konverziju hrane, masu celih jaja, masu žumanca, masu belanca, masu ljuske, debljinu ljuske, Hogove jedinice i indeks žumanca (Hasin i sar., 2006; Rowghani i sar., 2006; Sirri i sar., 2007; Chowdhury i sar., 2008; Altuntaş i Aydin, 2014).

Dodatak nevena u hranu za kokoši nosilje efikasno utiče na kvalitet jaja jer poboljšava boju žumanca, a dobijaju se i jaja obogaćena luteinom (Kim, 2014), međutim, negativno utiče na mono- i poli- nezasićene masne kiseline. Dodatak od 10 ili 20 g/kg nevena povećava nivo C16:0 i C18:0, a smanjuje nivo C16:1(ω -7) i C18:1(ω -9) u žumancu. Ishrana sa dodatkom nevena povećava ukupne zasićene masne kiseline (SFA) i smanjuje mononezasićene masne kiseline (MUFA) u žumancima (Altuntaş i Aydin, 2014).

Rowghani i sar. (2006) su u svojim istraživanjima dodavali cvet nevena u različitim koncentracijama od 0,4%, 0,8% do 1,2% u smeše za ishranu kokoši nosilja na bazi pšenice i kukuruza. Oni su, nakon četiri nedelje ishrane, ustanovili da dodatak nevena od 0,4% značajno

poboljšava boju žumanceta u odnosu na kontrolu. Međutim, daljim povećanjem udela nevena u ishrani od 0,8% do 1,2% došlo je do poboljšanja boje žumanceta sa 8,92 na 9,15 prema Roche lepezi, ali ne statistički značajno.

Do saznanja da povećanje vrednosti boje žumanca nije linearno povećanju udela nevena u ishrani kokoši nosilja došli su i Sujatha i sar. (2015). Oni su u smeše na bazi kukuruza i soje dodavali cvet nevena u količini od 1%, 2% i 3% pri čemu su dobili vrednosti za boju žumanca 7, 7 i 8 prema Roche lepezi, respektivno. Ni dodatak od 4% nevena u ishranu kokoši nosilja nije povećao vrednost boje žumanca više od 8,2 prema Roche lepezi nakon četiri nedelje ishrane (Hasin i sar., 2006; Chowdhury i sar., 2008). I drugi autori su došli do istih rezultata (Sirri i sar., 2007; Moeini i sar., 2013; Altuntaş i Aydin, 2014). Razlog za ovakve rezultate je slaba efikasnost nakupljanja pigmenata iz nevena u žumance koja iznosi između 13% i 20%, za razliku od sintetičkog pigmenta (carophyll yellow) čija je efikasnost oko 50% (Balnave i Bird, 1996).

Međutim, Chowdhury i sar. (2008) su došli do zaključka da ishrana kokoši nosilja sa dodatkom nevena daje bolje rezultate za vrednosti boje žumanca nakon dužeg vremena takve ishrane, te su nakon osam nedelja dobili boju žumanca od 9,47 prema Roche lepezi, a vrednost boje od 11,00 nakon dvanaest nedelja ishrane kokoši nosilja sa dodatkom 4% nevena u smeše.

Dodatak nevena u ishranu kokoši nosilja utiče na vrednosti instrumentalnih pokazatelja boje žumanca L^* , a^* i b^* . Rezultati do kojih su došli Fletcher i Halloran (1983) pokazuju da dodatak ekstrakta nevena značajno smanjuje koordinatu L^* , a povećava koordinatu a^* dok na koordinatu b^* ne utiče statistički značajno.

2.5.2. Šargarepa kao prirodni izvor pigmenata

Šargarepa (*Daucus carota*) spada među najviše korišćeno povrće u svetu i najbolji je izvor provitamina A. Sadrži još i druge vitamine, fenolna jedinjenja i antioksidativne materije. Šargarepa je izvor karotena i u

manjoj meri ksantofila, ali njihov sadržaj se veoma razlikuje u zavisnosti od vrste. Postoji preko 100 vrsta šargarepa, različitih veličina i boja narandžaste, žute, bele, crvene i ljubičaste, kao što je prikazano na Slici 11. Narandžaste šargarepe sadrže uglavnom β -karoten (oko 65%) i male količine luteina, dok kod ljubičaste i žute šargarepe sadržaj luteina čini skoro polovinu od ukupnih karotenoida (Nicolle i sar., 2004). Sintetički β -karoten ima daleko slabije dejstvo u odnosu na β -karoten iz prirodnih izvora. Naime, prirodni β -karoten sastoji se iz dva izomera: total-trans i 9-cis izomera, dok se sintetički β -karoten sastoji isključivo od total-trans izomera, koji ima slabiju rastvorljivost u lipidima i slabije izraženo antioksidativno dejstvo (Jayappriyan i sar., 2013). Takođe je dokazano da stabilnost i bioaktivnost β -karotena u mnogome zavisi od njegovog porekla (Phan-Thi i sar., 2016).



Slika 11. Šargarepa (*Daucus carota*)

Prilikom proizvodnje za ljudsku ishranu šargarepe nižeg kvaliteta se odbacuju zbog manje veličine korena, raznih deformacija, lomljenja, bolesti ili infekcije. Kako se povećava proizvodnja drugih obojenih sorti, povećava se i dostupnost odbačenih šargarepa. One imaju nisku ekonomsku vrednost i obično se koriste kao hrana za životinje bez obzira što su kvalitetan izvor karotenoida (Hammershøj i sar., 2010). Jedan od načina da se iskoriste karotenoidi iz odbačenih šargarepa može biti

njihova upotreba u proizvodnji organskih jaja ili konzumnih jaja sa prirodnim izvorima pigmenta za bojenje žumanca, što smanjuje cenu koštanja hrane za kokoši nosilje do 20% u odnosu na standardnu smešu (Zia ur i sar., 1994). U Danskoj se šargarepa uobičajeno koristi kao hrana za kokoši nosilje u proizvodnji organskih jaja (Hammershøj i sar., 2010). Međutim, samo nekoliko naučnih studija bavilo se efektima dodatka šargarepe u ishranu kokoši nosilja na proizvodnju i kvalitet jaja (Zia ur i sar., 1994; Sikder i sar., 1998; Hammershøj i sar., 2010; Shahsavari, 2014).

U svojim istraživanjima Sikder i sar. (1998) su ispitali uticaj dodatka šargarepe u ishranu kokoši nosilja u količini od 4% i 8%. Oni su utvrdili da je produkcija jaja i konverzija hrane bolja kod kokošaka koje su se hranile sa šargarepom, dok je utrošak hrane značajno manji u odnosu na kontrolu. Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima grupe autora Hammershøj i sar. (2010) i Shahsavari (2014), ali su u suprotnosti sa rezultatima do kojih su došli Zia ur i sar. (1994), koji su utvrdili da su kokoške koje su se hranile sa 8% šargarepe uzimale veću količinu hrane od kokošaka iz kontrolne grupe. Sikder i sar. (1998) su utvrdili da je masa svežeg žumanca manja u eksperimentalnom tretmanu u kojem su kokoške bile hranjene sa dodatkom 8% šargarepe u odnosu na kontrolni tretman. Do istih rezultata su došli i Hammershøj i sar. (2010) koji su ispitali uticaj dodatka tri vrste šargarepe narandžaste *bolero*, žute *rainbow* i ljubičaste *haze*. Ova grupa autora smatra da je smanjenje utroška hrane dovelo do značajnog smanjenja mase jaja i mase žumanca u tretmanima kod sve tri vrste šargarepa.

Boja žumanca dobijena ishranom kokoši nosilja sa dodatkom 8% šargarepe u smešu sa pšenicom nije se razlikovala od boje žumanca kokošaka koje su hranjene samo sa kukuruzom (50% kukuruza u smeši) (Sikder i sar., 1998). Međutim, sa dodatkom manje količine šargarepe, u iznosu od 4% i 5%, u smešu sa pšenicom ne može da se postigne boja žumanca koja se dobija kada je kukuruz dodat u smeše u količini od 50% (Sikder i sar., 1998; Shahsavari, 2014).

Spasevski i sar. (2018) su u svojim istraživanjima dodali 1,5% šargarepe u smešu za ishranu kokoši nosilja na bazi kukuruza i dobili vrednosti 8,67 prema Roche lepezi u odnosu na 7,67 prema Roche lepezi kod kontrolnog tretmana. Ovo povećanje nije bilo statistički značajno veće u odnosu na kontrolu. Međutim, sa dodatkom 1% šargarepe i 0,5% paprike u smešu za ishranu kokoši nosilja ostvarena je boja žumanca od 12,57 prema Roche lepezi, što se smatra poželjnom bojom u većini zemalja Evrope i Azije.

Kako navode Hammershøj i sar. (2010) vrednosti instrumentalnih pokazatelja boje žumanca a^* i b^* kontrolnog tretmana bile su značajno niže, a vrednost L^* značajno viša od vrednosti istih kod eksperimentalnih tretmana sa dodatkom narandžaste, ljubičaste i žute šargarepom. Isti autori navode da su u tretmanu sa dodatkom ljubičaste šargarepe postignute najveće vrednosti za a^* (-3,0) i b^* (53,1), dok su u tretmanima sa dodatkom narandžaste i žute vrste šargarepe ove vrednosti bile veće od istih vrednosti utvrđenih u kontrolnom tretmanu, a niže od a^* i b^* vrednosti utvrđenih u tretmanu sa dodatkom ljubičaste šargarepe.

2.5.3. Paprika kao prirodni izvor pigmenata

Crvena paprika, "Capsicum" pripada porodici *Solanaceae*. Koristi se od davnina da bi se prenela crvena boja i oporost u prehrambene proizvode. Rod "Capsicum" ima preko 30 vrsta, od kojih su samo 5 domaćih i to su: *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* i *C. pubescens* (Sudré i sar., 2010). *Capsicum annum* je najkomercijalnija kultivisana paprika u svetu (Slika 12). Plodovi roda Capsicum mogu se razlikovati u velikoj meri u boji, obliku i veličini, između i unutar vrste (Arimboor i sar., 2015). Poslednjih godina se kao dodatak u ishrani životinja sve više koristi kao izvor prirodnih pigmenata (Galobart i sar., 2004).



Slika 12. Crvena paprika (*Capsicum annuum*)

Paprika je crvene boje zbog prisutnih crvenih pigmenata kapsantina i kapsorubina. Ona sadrži od 4 do 8 g/kg ukupnih ksantofila, od čega 50 do 70% čini kapsantin (Moeini i sar., 2013). Kapsantin i kapsorubin su vezani u estere sa zasićenim masnim kiselinama kao što su laurinska, miristinska i linolna. Međutim, karotenoidi mogu biti esterifikovani na mnogo načina i vezani sa različitim masnim kiselinama, dajući različite estere za iste ksantofile (Pérez-Gálvez i Mínguez-Mosquera, 2005). Hamilton i sar. (1990) su istraživali kako saponifikacija utiče na skladištenje pigmenata u žumancetu, i tvrde da se saponifikovani karotenoidi paprike duplo efektivnije skladište u žumancetu od nesaponifikovanih karotenoida. Međutim, Lai i sar. (1996) u svojim istraživanjima tvrde da nesaponifikovani karotenoidi paprike u poređenju sa saponifikovanim kada se dadaju u istoj količini podjednako utiču na boju žumanca.

U većini istraživanja koja su se bavila ishranom kokoši nosilja sa dodatkom paprike, kao prirodnog izvora pigmenta, za bojenje žumanca, paprika se dodavala u smeše sa pšenicom, ječmom, belim kukuruzom ili sirkom (Gurbuz i sar., 2003; Galobart i sar., 2004; Santos-Bocanegra i sar., 2004; Rowghani i sar., 2006; Abiodun i sar., 2014; Shahsavari, 2014), a u manjem broju istraživanja paprika se dodavala u smeše sa žutim kukuruzom (Gurbuz i sar., 2003; Lokaewmanee i sar., 2010; Li i sar., 2012).

U svojim istraživanjima Abiodun i sar. (2014) su u smešu sa belim kukuruzom dodavali 40 g/kg crvene mlevene paprike i utvrdili da efikasnije utiče na boju žumanca od sintetičkog pigmenta kantaksantina.

Ova grupa autora je takođe utvrdila da dodatak paprike od 40 g/kg ne utiče na produkciju jaja, utrošak hrane, masu jaja, debljinu ljuske, visinu i širinu žumanca, indeks žumanca, visinu belanca i Hogove jedinice. Do istih saznanja su došli i drugi autori dodatkom različitih koncentracija paprike u hranu za kokoši nosilje (Gurbuz i sar., 2003; Rowghani i sar., 2006; Lokaewmanee i sar., 2010; Li i sar., 2012; Shahsavari, 2014).

Gurbuz i sar. (2003) su u okviru svoje studije pokazali kako dodatak paprike utiče na boju žumanca kada se doda u smešu gde je osnovna sirovina beli kukuruz, a kako kad se u smeši nalazi žuti kukuruz. Došli su do saznanja da dodatak paprike u iznosu od 0,5%, 1%, 2%, 3% i 4% u smešu u kojoj se nalazi 25% žutog kukuruza statistički značajno povećava boju žumanca sa 4,25 (kontrola) na 9,55, 11,45, 12,55, 14,30 i 14,45 prema Roche lepezi, respektivno. Međutim, kada se u smeši nalazi samo beli kukuruz, dodatak paprike od 2%, 3% i 4% je dao boju žumanca koja nije mogla da se izmeri prema Roche lepezi, jer je boja žumanca bila ružičasta.

Optimalne vrednosti boje žumanca 11,45 i 12,55 prema Roche lepezi postignute su sa dodatkom 1% i 2% paprike u smeše za ishranu kokoši nosilja sa žutim kukuruzom. Lokaewmanee i sar. (2010) i Johns (1986) su u okviru svojih studija takođe pokazali da se kombinovanjem žutih i crvenih pigmenata može postići željena boja žumanca između 12-14 prema Roche lepezi. Kao osnovna sirovina korišćen je kukuruz u količini od 40%, ali i različiti nivoi koncentrata lucerke i crvene paprike. Dodatkom 1% lucerke i 0,4% paprike postignuta je vrednost boje žumanca u iznosu od 13 prema Roche lepezi, a dodatkom 0,5 % lucerke i 1% paprike dobijena je vrednost boje žumanca u iznosu od 14,5 prema Roche lepezi (Johns, 1986).

Dodatak paprike u ishranu kokoši nosilja značajno utiče na vrednosti instrumentalnih pokazatelja boje žumanca L^* , a^* i b^* . Lokaewmanee i sar. (2010) navode da dodatak 0,1% ekstrakta paprike značajno smanjuje koordinatu L^* , a povećava koordinate a^* i b^* , dok Vicente i sar. (2007) navode da dodatak ekstrakta paprike u koncentraciji od 18 ppm značajno smanjuje koordinatu L^* , a povećava koordinatu a^* ,

dok na koordinatu b^* ne utiče statistički značajno, međutim dodatak ekstrakta u količini od 36 ppm statistički značajno smanjuje koordinate L^* i b^* , a povećava koordinatu a^* .

2.6. Izvori ω -masnih kiselina za proizvodnju jaja

Sastav masnih kiselina u ishrani kokoši nosilja ima direktan uticaj na sastav masnih kiselina lipida jaja. Masne kiseline su najčešće vezane sa tri molekula glicerola u obliku triglicerida. Glavne razlike između masnih kiselina su u broju atoma ugljenika u ugljovodoničnom lancu, kao i u broju i poziciji dvostrukih veza. Ove razlike utiču na karakteristike kao što su viskoznost, tačka topljenja, tačka ključanja, sadržaj energije i oksidativna stabilnost (Campbell, 2018). Prisustvo, odnosno odsustvo dvostruke veze deli ih na *zasićene masti* (nemaju ni jednu dvostuku vezu) i *nezasićene masti* koje se dele u dve grupe: *mononezasićene* (imaju jednu dvostruku vezu) i *polinezasićene* (imaju dve i više dvostrukih veza).

Zasićene masne kiseline (SFA) - nalaze se u namirnicama životinjskog porekla, tropskim uljima i dr. One su stabilne, imaju visok energetske sadržaj i obično su čvrste na sobnoj temperaturi. Palmitinska (C16) i stearinska (C18) kiselina su najčešće zasićene masne kiseline koje se nalaze u biljkama (Campbell, 2018). Ako se uzimaju u velikoj količini mogu da povećaju rizik od nastanka kardiovaskularnih bolesti (Kennedy i sar., 2009). U Tabeli 4 prikazane su najvažnije masne kiseline i njihovi glavni izvori (Kuč, 2001).

Mononezasićene masne kiseline (MUFA) - nalaze se u namirnicama biljnog porekla. One su manje stabilne i imaju manju energetske vrednost od zasićenih kiselina. Na sobnoj temperaturi su obično u tečnom obliku (Campbell, 2018). Oleinska kiselina (18:1 ω -9) je najviše zastupljena mononezasićena masna kiselina. U maslinovom ulju čini 70% od ukupnih kiselina, a ima je i u repičinom ulju, suncokretovom, lanenom i dr. (Crespo i Esteve-Garcia, 2002). Eikozenoinska kiselina (C20:1 ω -9) je prisutna u laniku u koncentraciji do 15%, a eruka kiselina (C22:1 ω -9) u koncentraciji oko 3% (Mladenov i sar., 2017).

Tabela 4. Masne kiseline i njihovi izvori

Masne kiseline			Glavni izvori
Zasićene	laurinska	C12:0	kokosovo ulje, palmina koštica
	miristinska	C14:0	proizvodi od punomasnog
	palmitinska	C16:0	palmino ulje
	stearinska	C18:0	meso, čokolada
Mononezasićene	palmitoleinska	C16:1	masti životinjskog porekla
	oleinska	C18:1	maslinovo ulje, meso
Polinezasićene	linolna ω -6	C18:2	biljna ulja
	α -linolenska ω -3	C18:3	biljna ulja, fitoplankton
	γ -linolenska ω -6	C18:3	biljna ulja
	arahidonska ω -6	C20:4	masti animalnog porekla
	EPA ω -3	C20:5	ulje morskih i slatkovodnih riba, i dr. vodenih životinja
	DPA ω -3	C22:5	
	DHA ω -3	C22:6	

EPA - eikozapentaenska masna kiselina; DPA - dokoza-pentaenska masna kiselina; DHA- dokozaheksaenska masna kiselina

Polinezasićene masne kiseline (PUFA)- nalaze se u namirnicama biljnog i životinjskog porekla. Imaju dve ili više dvostrukih veza. Sa povećanjem broja dvostrukih veza one su sve nestabilnije i sklonije oksidaciji. Pod uslovima pritiska i temperature, polinezasićene masne kiseline sa tri i više dvostrukih veza mogu da polimerizuju, prilikom čega mogu nepovratno formirati plastične polimere. Tačka topljenja polinezasićenih masnih kiselina je ispod 0°C. Sve esencijalne masne kiseline neophodne za dobro zdravlje su polinezasićene masne kiseline (Campbell, 2018). One se dele na: omega-3 (ω -3) i omega-6 (ω -6) masne kiseline. Imaju potpuno različite metaboličke puteve, tako da omega-6 masne kiseline ne mogu da prelaze u omega-3 masne kiseline zbog nedostatka specifičnog enzima omega-3 desaturaze (Simopoulos, 2009; Al-Khalifa, 2015). Omega-3 i omega-6 masne kiseline su esencijalne, telo ne može samo da ih stvara, pa je neophodno da se unose hranom.

Glavni izvori ω - 6 masnih kiselina su suncokretovo, kukuruzno i susamovo ulje, dok su glavni izvori ω - 3 masnih kiselina ulja morskih

riba i to skuše, inćuna, tune i haringe (Markovic i sar., 2014), kao i ulja raznih semena kao što su laneno seme, seme lanika, konoplje, čia seme i dr. Takođe, je vredno napomenuti da su male količine ω -3 masnih kiselina prisutnih u mesu postale nutritivno važne, imajući u vidu velike količine govedine, svinjetine i živine koje se konzumiraju u Zapadnoj ishrani (Simopoulos, 2002; Surette, 2008; Russo, 2009; Thacker i Widyaratne, 2012). Sa biohemijskog i nutritivnog stanovišta samo su linolna (C18:2n-6, omega-6) i α -linolenska (C18:3n-3, omega-3) esencijalne masne kiseline (Russo, 2009). Linolna se metaboliše u arahidonsku (20:4 ω -6) i dalje u dokozapentaensku masnu kiselinu (DPA; C20:5 ω -6), a α -linolenska u eikozapentaensku (EPA; C20:5 ω -3) i dokozahexaensku (DHA; C22:6 ω -3) masnu kiselinu povećavajući dužinu lanca i stepen nezasićenosti, dodavanjem dodatnih dvostrukih veza na karboksilni završetak molekula masnih kiselina (Simopoulos, 2009). Postoji konkurencija između omega-6 i omega-3 masnih kiselina za enzime desaturacije. Ipak, obe Δ -5 i Δ -6 desaturaze preferiraju omega-3 u odnosu na omega-6 masne kiseline, međutim taj proces je spor i ometen visokim unosom linolne kiseline, što je tipično za ishranu u razvijenim zemljama. Zbog svega toga, veoma je bitno da se omega-6 i omega-3 masne kiseline uzimaju u pravilnoj proporciji, najbolje je da taj odnos bude što bliži 1:1 (Simopoulos, 2009). Trans masne kiseline, takođe, ometaju desaturaciju i izduženje linolne i α -linolenske kiseline. Δ -6 desaturaza je ograničavajući enzim, i postoje neki dokazi da se smanjuje sa godinama (De Gómez Dumm i Brenner, 1975). Naime, u proteklih pedeset godina došlo je do promene masnokiselinskog sastava hrane kod ljudi u korist ω -6 masnih kiselina. Modernizacija i intenzivni uzgoj životinja koje se hrane žitaricama bogatim nezasićenim masnim kiselinama, pre svega linolnom kiselinom, dovela je do poremećaja odnosa ω -6/ ω -3 masnih kiselina u mesu kod tovljenih životinja (svinja, živine i riba) i jajima kod kokoši nosilja. Ovakav način ishrane povećao je odnos ω -6/ ω -3 sa 1 - 2:1 na 15 - 20:1, što se manifestovalo porastom tipičnih bolesti modernog doba (Simopoulos, 2009).

Brojne studije su potvrdile da se dodavanjem masnih komponenti bogatih omega-3 masnim kiselinama u ishranu kokoši nosilja, njihov sadržaj u jajima može značajno povećati (Kralik i Lovreković, 2018). Dodavanje ribljeg ulja predstavlja najefikasniji način za postizanje ovog cilja (Chanmugam i sar., 1992) s obzirom da riblje ulje predstavlja najbogatiji izvor omega-3 polinezasićenih masnih kiselina, pre svega eikozapentaenske (EPA, 20:5 ω -3) i dokozaheksaenske kiseline (DHA, 22:6 ω -3). Međutim, upotreba ribljeg ulja u hrani za životinje u manjem ili većem stepenu dovodi do razvoja nepovoljnih senzorskih osobina animalnih proizvoda (Hargis i Van Elswyk, 1993). Zbog toga sadržaj ribljeg ulja u hrani za životinje treba svesti na meru koja neće negativno uticati na senzorsku prihvatljivost proizvoda. S druge strane, nizak nivo ulja dodatog u hranu neće imati značajnijeg uticaja na modifikaciju masno-kiselinskog sastava animalnih proizvoda (Corino i sar., 2002).

U tu svrhu, u tekstu koji sledi je razmotren dodatak semena lana, lanika i konoplje, kao izvora ω -masnih kiselina, u ishranu kokoši nosilja za proizvodnju funkcionalnih jaja.

2.6.1. Lan

Lan (*Linum usitatissimum* L.) je jednogodišnja zeljasta biljka, koja pripada porodici *Linaceae*. Veoma je važan u biljnoj proizvodnji jer ima višestruku primenu. Tokom 18-tog veka dostigao je vrhunac gajenja u srednjoj Evropi zbog vlakana od kojih se pravilo laneno platno, ali je tržište srušeno kada se pojavio pamuk kao jeftinija zamena (Klein i sar., 2017). Nekada se lan koristio i u medicinske svrhe, a danas se uglavno koristi laneno ulje u prehrambenoj i hemijskoj industriji (Čolović, 2014).

Uzgajani lan može da izraste do 1,2 m. Ima kratak vretenast koren i tanku, visoku stabljiku bez dlaka, obraslu listovima. Lan za dobijanje vlakana (dugački-tekstilni lan) ima slabo razgranatu stabljiku, a lan za dobijanje ulja (niski-uljni lan) je dosta razgranat i daje dosta semena (Popović i sar., 2016). Listovi su zeleni, lancetasti, naizmenično raspoređeni, dugački 20 – 40 mm, a široki 3 mm. Cvetovi se nalaze na

dugačkim drškama i mogu biti različitih boja od svetlo plave, ružičaste do ljubičaste (Slika 13) (Todorović, 2014).



Slika 13. Lan (*Linum usitatissimum* L.)

Laneno seme je spljošteno, karakteristične mrke boje i jajastog oblika (Slika 14) (Dimić, 2005). Ljuska je tanka i prevučena pokožicom u kojoj ima sluzi. Laneno seme predstavlja jedan od najkorisnijih izvora prirodnih ulja veoma bogatih polinezasićenim masnim kiselinama. Sadrži od 35% do 44% ulja od čega su preko 70% nezasićene masne kiseline (Klein i sar., 2017).



Slika 14. Seme lana

Laneno seme pored velike količine masti sadrži još i 20 - 30% proteina, 20 - 35% dijetetskih vlakana, 4 - 8% vlage, 3 - 4% pepela i 1% prostih šećera, kao i neke značajne mikro komponente: cijanogene glikozide, fitinsku kiselinu, fenole, tripsin inhibitor, linatin, lignane (fitoestrogene), minerale i vitamine (Shim i sar., 2014). Cui (2001) navodi

da od ukupnih dijetetskih vlakana 20% čine nerastvorljiva a 9% rastvorljiva vlakna, dok Hadley i sar. (1992) navode da 30% čine nerastvorljiva a 10% rastvorljiva vlakna. Rastvorljiva vlakna se mogu ekstrahovati pomoću vrele vode dajući sluz, poznatu i kao *mucilage* (Cui i sar., 1994). I pored toga što mucilaža poseduje neka blagotvorna dejstva po zdravlje, njena upotreba i dalje nije široko rasprostranjena zbog nedovoljno podataka o njenim strukturnim i funkcionalnim osobinama (Ziolkowska, 2012).

Iako se lan uglavnom koristi u hemijskoj industriji, sve je veći interes upotrebe lanenog semena i njegovog ulja u ishrani životinja, kao izvora energije ili kao izvora proteina. Po sadržaju energije nalazi se između soje i suncokreta, a prema sadržaju proteina sličan je suncokretu i uljanoj repici (Maddock i sar., 2005). Pogače i sačme od lana sadrže minimalno 30%, odnosno 34% sirovih proteina prema Pravilniku o kvalitetu hrane za životinje (2010). Svarljivost proteina lana je slabija od svarljivosti proteina soje pa prilikom sastava smeša za ishranu životinja treba voditi računa o masnokiselinskom sastavu tih smeša (Čolović, 2014). Pogače i sačme od lana su ukusna hraniva, ali su zbog deficita lizina, metionina, cistina i triptofana male biološke vrednosti (Đorđević i Dinić, 2011). Sa druge strane, lan je veoma bogat izvor linolne (LA, C18 : 2, ω -6), a posebno α -linolenske kiseline (ALA, C18 : 3, ω -3), koje su predstavnici polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) omega-6 i omega-3. Za razliku od kukuruza, uljane repice, soje i suncokreta koji su veoma bogati izvori ω -6 masnih kiselina, lan ima mnogo više ω -3 polinezasićenih masnih kiselina (Maddock i sar., 2005) što doprinosi boljem odnosu ω -6/ ω -3 masnih kiselina. Laneno seme i ulje lanenog semena nisu samo značajan izvor masnih kiselina, već predstavljaju i izvor antioksidanasa i rastvorljivih i nerastvorljivih dijetnih vlakana (Tabela 5).

Tabela 5. Funkcionalna svojstva lanenog semena (Brannon, 2009).

FUNKCIONALNOST LANENOG SEMENA	
Bioaktivno jedinjenje	Zdravstveni efekti
ALA	Zaštita od bolesti srca i srčanog napada Smanjenje krvnog pritiska Smanjenje nivoa holesterola u krvi Poboljšanje stanja imunog sistema
Lignani	Lignani su jaki antioksidansi Lignani su fitoestrogeni Lignani mogu da dovedu do smanjenja malignih tumora (rezultati studija na životinjama) Doprinosu zaštiti od kancera
Dijetna vlakna	Laksativ Sprečava konstipaciju

Zbog svojih visokih nutritivnih vrednosti, lan se od ranih devedesetih godina veoma intenzivno koristi kao hranivo u ishrani kokoši nosilja, jer se njegovom primenom dobijaju jaja sa povećanim sadržajem omega-3 polinezasićenih masnih kiselina (Hester, 2016). Međutim, postoje mnogi faktori koji ograničavaju upotrebu lana ili njegovih proizvoda (sačme i pogače) u ishrani kokoši nosilja a to su: (1) prisustvo antinutritivnih materija u velikim količinama, (2) loša svarljivost sirovih proteina i drugih hranljivih materija, (3) lošiji aminokiselinski profil u poređenju sa uljanom repicom i sojom, (4) veoma promenljiv profil nutrijenata u zavisnosti od oblasti gajenja, sezone i sorte, (5) nije uniformna i dovoljno bogata ponuda za životinje tokom cele godine (Newkirk, 2015).

Pregledom dostupne literature uočene su kontradiktorne tvrdnje o proizvodnim parametrima i karakteristikama jaja dobijenih od kokoši nosilja hranjenih lanom (kao što su unos hrane, proizvodnja jaja, težina jaja, itd.). Naime, jedna grupa autora je utvrdila da se dodatkom lana smanjuje utrošak hrane (Aymond i Van Elswyk, 1995; Hayat i sar., 2009), dok je druga grupa autora utvrdila povećanje (Caston i sar., 1994). Zatim, jedna grupa autora je utvrdila da se dodatkom lana smanjuje masa jaja (Caston i sar., 1994; Scheideler i Froning, 1996), druga da nema promena

(Jiang i sar., 1991; Aymond i Van Elswyk, 1995; Bean i Leeson, 2003; Ahmad i sar., 2013), a treća da dodatkom lana dolazi do povećanja mase jaja (Rizzi i sar., 2009). Isto je uočeno i za proizvodnju jaja, jedna grupa autora tvrdi da dolazi do smanjenja (Aymond i Van Elswyk, 1995; Ahmad i sar., 2013) druga grupa autora da nema promena (Jiang i sar., 1991; Caston i sar., 1994; Bean i Leeson, 2003), a treća da dolazi do povećanja proizvodnje jaja (Scheideler i Froning, 1996).

Objašnjenje za ove razlike verovatno se mogu pripisati razlikama u eksperimentalnoj postavci. Poznato je da starost i rasa kokoši nosilja utiče na proizvodne parametre, ali i razlike u sastavu smeša mogu delom objasniti ove kontradiktorne tvrdnje (Gonzalez-Esquerra i Leeson, 2001). Kod većine autora se formulacija smeša zasnivala na izračunatim vrednostima energije. Caston i sar. (1994) su proučavali metaboličku energiju smeša dopunjenih lanenim semenom i otkrili su da su kokoši nosilje neefikasno varili ove smeše što je dovelo do toga da metabolička energija eksperimentalnih tretmana bude manja od metaboličke energije kontrolnih tretmana. Antinutritivni faktori lanenog semena mogu uticati na varenje i apsorpciju hranljivih materija (Bean i Leeson, 2003). Sve ovo može objasniti niže vrednosti nekih karakteristika jaja u prethodnih nekoliko studija. Bean i Leeson (2003) su otkrili da je ekstrudiranje lanenog semena, zbog eliminisanja antinutritivnih faktora, dovelo do povećanja metaboličke energije. I drugi autori su došli do saznanja da tretirano seme lana pokazuje veću efikasnost u pogledu poboljšanja proizvodnih parametara i karakteristika jaja nego netretirano seme lana (Dalle Zotte i sar., 2015; Lemahieu i sar., 2015; Mattioli i sar., 2017). Ovo opravdava upotrebu procesa ekstrudiranja u svrhu poboljšanja proizvodnih parametara. Dalle Zotte i sar. (2015), koji su u svojim istraživanjima dodavali 10% mlevenog i 10% ekstrudiranog semena lana, su takođe utvrdili da je u jajima dobijenim iz tretmana u kojima su kokoši nosilje hranjene sa ekstrudiranim semenom lana mnogo veći sadržaj ALA, EPA i DHA, a odnos ω -6/ ω -3 mnogo manji nego u jajima dobijenim iz tretmana sa mlevenim semenom lana.

Brojna istraživanja ukazuju da se dodatkom semena lana ili njegovih proizvoda linearno povećava sadržaj omega – 3 masnih kiselina u jajima (Aymond i Van Elswyk, 1995; Ferrier i sar., 1995; Scheideler i Froning, 1996; Baucells i sar., 2000; Meluzzi i sar., 2001; Bean i Leeson, 2003; Hayat i sar., 2009; Rizzi i sar., 2009).

Caston i Leeson (1990) su u svojim istraživanjima dodavali 10%, 20% i 30% lana i utvrdili su da se dodatkom 10% i 20% lana u smeše za ishranu kokoši nosilja sadržaj α -linolenske kiseline u jajima povećao 10 odnosno 20 puta dok se dodatkom 30% lana takođe povećao sadržaj ALA ali ne 30 puta kao što se očekivalo, i kao što je bilo u prva dva slučaja.

Slične rezultate su dobili i Scheideler i sar. (1994) koji su dodavali lan (celo zrno i samleveno) u hranu za kokoši nosilje u količini od 5%, 10% i 15%. Kokoši nosilje koje su hranjene lanom imale su linearno povećanje sadržaja ALA u jajima od 0,26% masnih kiselina u kontrolnom tretmanu do 7,07% masnih kiselina u jajima kokoši nosilja hranjenih sa 15% lana. Međutim, jaja koja su dobijena dodatkom lana u hranu za kokoši nosilje u količini od 10% i 15% dobila su niske senzorske ocene za ukus.

2.6.1.1. Cijanogeni glikozidi

Cijanogeni glikozidi su azotni sekundarni metaboliti biljaka nastali iz različitih L – aminokiselina (Vetter, 2000). Njihovo prisustvo u lanu ima nekoliko važnih uloga. Oni štite biljku od insekata i drugih životinja i predstavljaju rezerve azota. Međutim, visoki nivoi cijanogenih jedinjenja ozbiljno ograničavaju njihovu količinu koja se može upotrebiti u životinjskim obrocima. Mogućnost poboljšanja komercijalne vrednosti, smanjenjem nivoa cijanogenih glikozida, izazvalo je značajno interesovanje za razumevanje njihovih promena u lanenom semenu (Oomah i sar., 1992).

Najvažniji cijanogeni glikozidi u semenu lana su linustatin, neolinustatin i linamarin. Ova jedinjenja su toksična jer pod dejstvom enzima β – glukozidaze oslobađaju cijanovodoničnu kiselinu (HCN) koja predstavlja osnovni razlog ograničene primene lana u ishrani životinja (Wu

i sar., 2008). Trovanje cijanovodoničnom kiselinom dovodi do nedostatka kiseonika u ćelijama, a utiče i na nervni sistem, endokrini sistem i kardiovaskularni sistem (Cheeke i Shull, 1985; Wu i sar., 2008).

Ekstrudiranje predstavlja najefikasniji termički tretman za otklanjanje cijanogenih glikozida iz semena lana. Optimizacijom parametara tokom procesa ekstrudiranja moguće je ukloniti i preko 90% HCN iz semena lana (Wu i sar., 2008). Proces ekstrudiranja je popularna tehnika obrade hrane zasnovane na visokoj temperaturi u kratkom vremenu (Gaosong i Vasanthan, 2000). U ekstruderu, zbog visoke temperature, pritiska i vlage prisutne u materijalu, kao i intenzivnih sila smicanja koje se javljaju usled velike brzine obrtanja puža, dolazi do termo mehaničkog kuvanja hrane. Zatim se plastični ili testasti materijal potiskuje kroz otvor matrice čiji je zadatak oblikovanje krajnjeg proizvoda (Arhaliass i sar., 2003). Termomehaničke promene koje se javljaju tokom ekstruzije su želatinizacija skroba, denaturacija proteina, inaktivacija enzima, mikroba i mnogih antinutritivnih faktora (Bhattacharya i Prakash, 1994) čime se poboljšava svarljivost nutrijenata.

2.6.2. Lanik

Lanik (*Camelina sativa*) – je drevna kultura koja potiče sa područja jugoistočne Evrope i jugozapadne Azije i koristi se već nekoliko hiljada godina (Kagale i sar., 2014). Naziva se još i „divlji lan“ jer često raste sa običnim lanom i „lažni lan“ zbog sličnosti sa pravim lanom (Slika 15).



Slika 15. Lanik (*Camelina sativa*)

Lanik spada u porodicu kupusnjača (fam. *Brassicaceae*) i veoma je interesantan zbog svoje raznovrsne upotrebe i skromnih agroekoloških zahteva (Mladenov i sar., 2017). Lako se prilagođava različitim klimatskim uslovima, ima niske zahteve u pogledu hranljivih materija i dobru otpornost na bolesti i štetočine. Krajem 2000-te godine obnovilo se interesovanje za ovu uljaricu zbog njenog visokog sadržaja ω -3 masnih kiselina i potencijala za proizvodnju biodizela (Francis i Warwick, 2009). Kako navode Cvejić i sar. (2016) nema pisanih podataka o gajenju lanika u Srbiji poslednjih decenija, a u prošlosti se gajio za ishranu domaćih životinja i ptica.

Lanik je jednogodišnja ili ozima biljka, čija je stabljika razgranata od osnove, glatka, uspravna, a koren vretenast i dubok. U studiji Mladenov i sar. (2017) navode da se visina lanika kod 54 vrste genotipova kretala u proseku oko 67,95 cm, pri čemu je minimalna prosečna visina biljke iznosila 30,0 cm, a maksimalna visina je bila 81,1 cm. Kako navode isti

autori visina stabljike je veoma važna jer utiče na mnoge osobine, kao što su arhitektura biljke i prinos semena i ulja.

Listovi su naizmjenični, glatki ili malo dlakavi. Cvetovi su samooplodni, sitni, sa četiri žute laticice, skupljeni u cvasti u gornjem delu stabljike. Cveta u junu i julu. Plod je ljuska bež boje, dugačka 6 do 9 mm i široka 4 do 6 mm koja sadrži desetak semenki. Seme ima karakterističnu narandžastu boju, u obliku bubrega, dužine od 2 do 3 mm (Slika 16). Seme je vrlo malo, a masa 1.000 semena se kreće između 0,9 i 1,7g (Campbell, 2018).



Slika 16. Seme i ulje lanika

Glavni proizvodi lanika su seme i ulje. Seme se koristi za ljudsku upotrebu ili kao hrana za životinje, dok se ulje može koristiti za ljudsku ishranu, za boje, kozmetiku i sapune, u industrijskim aplikacijama i za proizvodnju goriva. Posle ceđenja ulja, ostane pogača ili sačma od lanika koje su vredan izvor proteina za ishranu životinja. Sačma od lanika sadrži oko 45% proteina, 10% vlakana i ako je ovaj sporedan proizvod dobijen mehaničkim presovanjem bez dodatnog zagrevanja, sadržiće oko 8 do 10% ulja (Campbell, 2018).

Sadržaj ulja u semenu iznosi od 30% do 50%, pri čemu polinezasićene masne kiseline čine više od polovine od ukupnih masnih kiselina (Tabela 6). Ulje lanika je zlatne boje, sadrži 30-40% α -linolenske kiseline (ALA, 18:3 ω 3), oko 15% eikozenoinske (C20:1 ω 9) i oko 3% eruka kiseline (C22:1 ω 9) (Mladenov i sar., 2017).

Tabela 6. Prikaz varijacija nekih karakteristika između 32 linije hibrida semena *Camelina sativa* (Francis i Campbell, 2003)

Karakteristike (%)	Minimum	Maksimum
Sadržaj ulja iz semena	32,0	39,0
Oleinska kiselina	12,36	18,65
Linolna kiselina	15,14	22,52
$\omega - 3$ masne kiseline	31,18	36,94
Eikozenoinska kiselina	13,48	16,71
Eruka kiselina	2,45	4,21
masa 1000 zrna (g)	0,66	1,61

Dobijeno hladnim presovanjem, ulje lanika, sadrži 30% više antioksidanata nego druga ulja, što pomaže njegovoj stabilizaciji i produžava mu rok upotrebe u odnosu na druga uobičajena jestiva ulja (Budini i sar., 1995). Mnogo je boljeg ukusa od lana i zbog svega toga se naziva "bolji lan".

Brojna istraživanja ukazuju da se dodatkom semena lanika u smeše za ishranu kokoši nosilja značajno povećava sadržaj omega - 3 masnih kiselina u jajima kao što su ALA, EPA i DHA (Rokka i sar., 2002; Valkonen i sar., 2007; Aronen i sar., 2009; Cherian i sar., 2009; Kakani i sar., 2012; Aziza i sar., 2013; Cherian i Quezada, 2016).

Međutim, korišćenje semena i njihovih proizvoda u ishrani životinja je ograničeno zbog prisustva glukozinolata, koji sami po sebi ne pokazuju nikakve toksične uticaje za sisare, ali ih imaju neki od njihovih enzimskih metaboličkih produkata (Schuster i Friedt, 1998). Do jula 2008. godine pogača od lanika nije mogla da se koristi kao hranivo u Evropskoj uniji. Tek na osnovu mišljenja European Food Safety (2008), Evropska komisija je dala direktivu 2008/76/EC, koja omogućava korišćenje lanika i njegovih proizvoda u ishrani životinja (Aronen i sar., 2009).

Ukupan sadržaj glukozinolata u semenu i sačmi lanika kreće se između 21 i 34 $\mu\text{mol/g}$, što je mala vrednost tako da ne bi trebalo da

ometa njihovu upotrebu u hrani za životinje (Korsrud i sar., 1978; Lange i sar., 1995).

Brojne studije pokazuju da upotreba lanika u niskim koncentracijama 5-10% ne utiče negativno na životinje i kvalitet jaja (Cherian i sar., 2009; Kakani i sar., 2012; Vasilachi i sar., 2012). Međutim, ishranom kokošaka sa 15% pogače od lanika došlo je do smanjenog unosa hrane i proizvodnje mekših jaja (European Food Safety, 2008).

I druga istraživanja su potvrdila da povećanjem udela lanika u ishrani kokoši nosilja dolazi do smanjenja unosa hrane, smanjenja mase jedinki kao i smanjenja mase jaja, dok na smrtnost, stopu konverzije hrane i stopu rasta ne utiče (Valkonen i sar., 2007; Aronen i sar., 2009; Cherian i sar., 2009).

2.6.2.1. Glukozinolati

Glukozinolati su sekundarni metaboliti biljaka koji sadrže azot i sumpor i najčešće se nalaze kod porodice kupusnjača (fam. *Brassicaceae*) i dr. srodnih biljaka. Identifikovano je više od 130 različitih glukozinolata. Prisustvo sumpora daje ovim biljkama tipičan oštar miris i ukus (Fenwick i sar., 1983; European Food Safety, 2008).

Glukozinolati se mogu podeliti na tri klase, zasnovane na strukturi različitih prekursora aminokiselina: 1. alifatični glukozinolati izvedeni iz metionina, izoleucina, leucina ili valina, 2. aromatični glukozinolati izvedeni iz fenilalanina ili tirozina i 3. heterociklični (indol-) glukozinolati izvedeni iz triptofana. Biosinteza glukozinolata sadrži tri faze: (i) izduženje lanaca amino kiselina, u kojima su dodatne metilenske grupe umetnute u bočni lanac, (ii) pretvaranje aminokiselinskog dela u strukturu jezgra glukozinolata, (iii) i kasnije modifikacija bočnih lanaca (Radojčić Redovniković i sar., 2008).

Glukozinolati su deo urođenog sistema odbrane biljaka. Oni su hemijski stabilni pod normalnim uslovima, ali kada dođe do oštećenja biljnih tkiva i ćelija oni se hidrolizuju pod dejstvom enzima mirozinaze pri

čemu nastaju izotiocijanati, nitrili, tiocijanati, epitionitrili i oksazolidini. Među proizvodima razgradnje glukozinolata posebna pažnja posvećena je izotiocijanatima jer su uključeni u odnos biljka-biljojed i biljka-patogeni mikroorganizmi (Traka i Mithen, 2009). A novija istraživanja ukazuju i na anti-kancerogene osobine izotiocijanata i indola (Bones i Rossiter, 2006; Higdon i sar., 2007).

Toksični efekti glukozinolata kod sisara su povezani sa formiranjem tiocijanata, oksazolidineta i nitrila. Oni ometaju uzimanje joda i sintezu tiroidnih hormona trijodtironina (T3) i tiroksina (T4) što dovodi do hipotireoidizma i proširenja štitaste žlezde. Kao posledica ovih promena u funkciji štitne žlezde, klinički znaci toksičnosti opisani kod farmskih životinja uključuju retardaciju rasta, smanjenje performansi (proizvodnja mleka i jaja), oštećenu reproduktivnu aktivnost i oštećenje funkcija jetre i bubrega (European Food Safety, 2008). Ishrana kokoši nosilja sa visokim nivoom glukozinolata takođe je značajno smanjila i proizvodnju jaja dok je ishrana sa nižim koncentracijama glukozinolata smanjila samo unos hrane i telesnu težinu jedinki (Kloss i sar., 1994).

Uzimajući u obzir negativne efekte koje imaju glukozinolati na zdravlje, različitim tretmanima se može ukloniti ili smanjiti sadržaj glukozinolata u hrani i na taj način smanjiti štetni efekti vezani za zdravlje i proizvodnju. Većina ovih metodologija uključuje hidrolizu ili dekompoziciju glukozinolata pre hranjenja (Tripathi i Mishra, 2007).

Od termičkih tretmana kao što su mikronizacija, ekstrudiranje ili zagrevanje pomoću mikrotalasa, najefikasniji tretman za smanjenje sadržaja glukozinolata je ekstrudiranje, a još efikasnije je ekstrudiranje uz dodatak vlage. Uključivanjem ekstrudiranog semena u ishranu poboljšava se unos suve materije, povećava biološka vrednost proteina i telesna težina jedinki (Tripathi i Mishra, 2007).

2.6.3. Konoplja

Konoplja (*Cannabis sativa L.*) je jednogodišnja, dvodoma biljka iz porodice *Cannabaceae*. Ima izražen polni dimorfizam tj. morfološki se

razlikuju muške i ženske biljke (Slika 17) (Finta-Korpel'ová i Berenji, 2007).



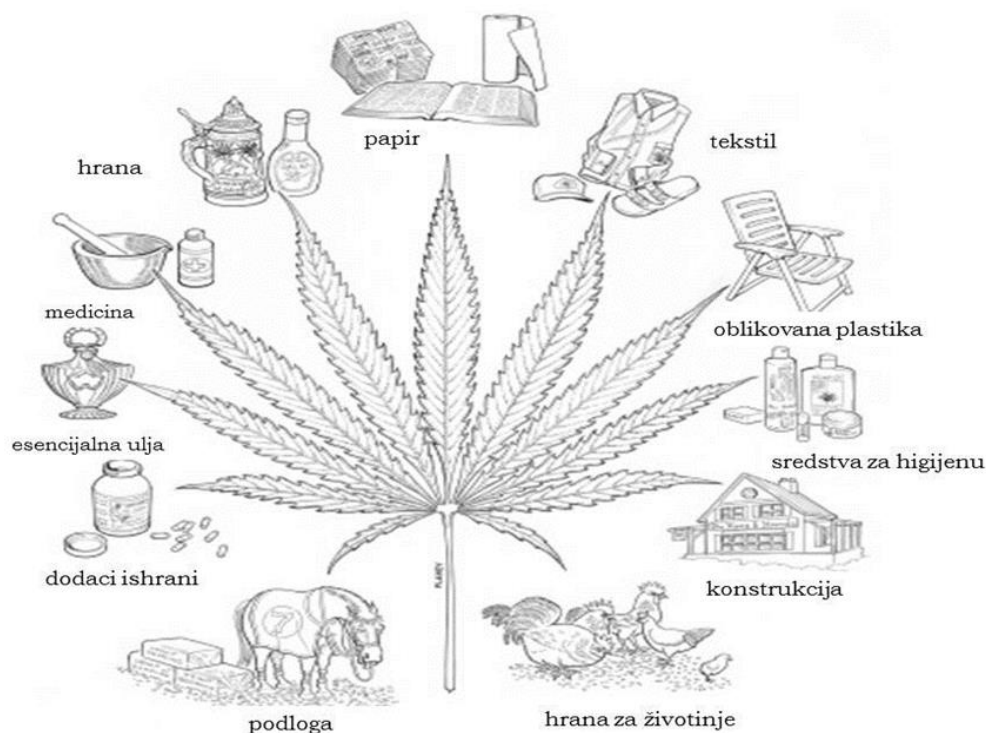
Slika 17. Konoplja (*Cannabis sativa* L.)

Postoje i jednodome sorte koje su razvijene za dobijanje vlakana i semena u isto vreme, jer kod dvodomih biljaka veliki problem predstavlja neujednačeno vreme sazrevanja muških i ženskih biljaka. Muške biljke koje nose muške cvetove i stvaraju polen uzgajaju se zbog vlakana i sazrevaju 5-6 nedelja ranije od ženskih cvetova koje nose tučkove i iz kojih se razvija plod. Ukoliko se želi dobiti dobar kvalitet i semena i vlakana to je nemoguće postići sa jednom žetvom. Ukoliko se vrši žetva kad su muške biljke dobrog kvaliteta vlakana tada su ženske biljke lošeg kvaliteta vlakana i seme je nedovoljno razvijeno ili ga ni nema i obrnuto (Stojanović i sar., 2016). Kada se konoplja uzgaja zbog semena, potrebno je da se biljka što više razgrana jer se semenke formiraju na granama. To se može postići tako što se biljke seju na veći razmak u redu i između redova kako bi imale što više osunčanih grana (Lukačević, 2016).

Konoplja ima plitak, vretenast koren, koji je kod ženske biljke bolje razvijen nego kod muške. Stabljika konoplje je uspravna i zelene boje. U

početku je nežna, zeljasta a kasnije odrveni (Lukačević, 2016). Šuplja je i može da naraste od 2 do 4 m. Sastoji se od 7-15 članaka odnosno nodija, a na svakom članku se nalaze po dva nasuprotna lista, koji su pri vrhu, u predelu cveta, postavljeni gusto i naizmenično. List konoplje je prstasto podeljen na veći broj listića, čiji broj i veličina čine sortnu odliku (Gadžo i sar., 2011). U ranom stadijumu rasta ne mogu se razlikovati muške od ženskih biljaka, tek pre cvetanja se mogu razlikovati. Muške biljke su veće a ženske manje i gušće. Cvetovi se nalaze na vrhovima stabljike i bočnim granama. Muški cvetovi imaju cvetne peteljke, na kojima su rastresito postavljeni cvetovi u obliku grozda, dok ženski cvetovi nemaju peteljke, oni su sedeći, skupljeni u cvast poput klasova. Muški cvetovi su žute boje a ženski svetlozelene boje (Lukačević, 2016). Plod konoplje je orašac, koji okolo ima tvrdi ljusku koja štiti seme od mehaničkih povreda.

Konoplja je bila hiljadama godina važan izvor hrane i vlakana a koristila se i u medicinske svrhe u kulturama Evrope i Azije (Zlas i sar., 1993; Lu i Clarke, 1995). Poreklo konoplje nije sasvim poznato, ali se pretpostavlja da potiče iz srednje Azije. U početku se najviše gajila zbog vlakana, stari Kinezi su od nje pravili konopce, odeću i hartiju jer se konopljino vlakno odlikuje velikom čvrstoćom, elastičnošću, dugotrajnošću i otpornošću na vodu. Mogućnost njene primene prikazana je na slici 18. Danas se smatra da industrijska konoplja može zadovoljiti većinu ljudskih potreba: hranu, odeću, obuću, stanovanje, energiju (Božić-Ostojić i sar., 2015). Konoplja se do 20. veka masovno uzgajala u zemljama širom sveta i predstavljala jedan od najunosnijih poslova (Small i Marcus, 2002). Za konoplju je utvrđeno da ima kvalitetnije vlakno od drveta. To je biljka koja raste i sazreva u jednoj sezoni, dok je drveću potrebno mnogo više godina. Za pravljenje papira od konoplje koristi se daleko manje štetnih hemikalija nego što je to slučaj kod drveta. Plastični proizvodi napravljeni od ulja iz semena konoplje umesto od naftnih derivata bili bi prirodno razgradivi i ne bi zagađivali okolinu. Takođe, od ulja semena konoplje uspešno su pravljene kvalitetne boje i lakovi (Small i Marcus, 2002).



Slika 18. *Mogućnost upotrebe konoplje (Small i Marcus, 2002)*

Međutim, zbog nedostatka razumevanja i nedostatka informacija, industrijska konoplja je nepravredno identifikovana kao indijska konoplja, koja u svom sastavu sadrži znatno veći procenat psihoaktivne supstance delta-9-tetrahidrokanabiol (Δ^9 -THC, THC) (Božić-Ostojić i sar., 2015). Zbog poistovećivanja industrijske konoplje sa indijskom konopljom u Americi je 1937. godine uveden Zakon o oporezivanju uzgajivača *Cannabis sativa*, što je dovelo do toga da nakon II svetskog rata počne da opada proizvodnja konoplje, da bi nakon 1958. godine potpuno prestala. Tek početkom devedesetih godina ponovo počinje da raste interesovanje za njenu proizvodnju (Rawson, 2011).

Međutim, svaka konoplja, pa i industrijska, sadrži psihoaktivni sastojak, samo što je nivo THC-a kod biljaka gajenih za industrijsku upotrebu ispod 0,3%, dok je u biljkama gajenim za uživanje taj nivo i do 25% (Small i Marcus, 2002).

Od 1993. do 1996. godine, gajenje industrijske konoplje je legalizovano u većini zemalja članica EU. U 2011. godini oblast gajenja se smanjila na najnižu vrednost od 1994. godine (oko 8.000 ha), ali se

povećavala u 2012., 2013., 2014. i 2015. godini, kako bi konačno dostigla više od 33.000 ha u 2016. godini. Države članice koje su najveći uzgajivači konoplje su Francuska i Holandija. Poslednjih godina, mnoge nove evropske zemlje počele su ili proširile svoju proizvodnju konoplje, uglavnom za proizvodnju semena (Carus, 2017).

Seme konoplje sadrži oko 25% proteina, preko 30% ulja, 20 – 30% ugljenih hidrata, 10 – 15% vlakana, kao i niz minerala i vitamina (Leizer i sar., 2000; Callaway, 2004). Sa kompletnim izvorom svih esencijalnih amino i masnih kiselina, seme konoplje predstavlja potpun izvor ishrane (Slika 19).



Slika 19. Seme konoplje

Ulje semena konoplje sadrži preko 80% polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) i izuzetno je bogat izvor dve esencijalne masne kiseline, linolne kiseline (LA, C18:2 omega-6) i α -linolenske kiseline (ALA, C18:3 omega-3). Odnos omega-6/omega-3 (ω -6/ ω -3) masnih kiselina u konopljinom ulju je između 2:1 i 3:1, što se smatra optimalnim za zdravlje ljudi (Callaway, 2004). Ulje konoplje sadrži β -kariofilen (740 mg/L), koji je karakterističan po ciklobutanskom prstenu koji se retko sreće u prirodi, zatim mircen (160 mg/L), β -sitosterol (100-148 g/L) i metil salicilate u tragovima (Leizer i sar., 2000). Ulje semena konoplje sadrži takođe i znatnu količinu tokoferola 90 mg/100 g od čega sadržaj γ -tokoferola čini 85 mg/100 g a α -tokoferola 5 mg/100 g od ukupnog sadržaja tokoferola (Callaway, 2004). Dodatno prisustvo 3 – 4% gama-linolenske kiseline (GLA, C18:3 omega-6) i stearidonske kiseline (SDA, C18:4 omega-3), koja može imati slična biološka svojstva kao EPA, daje dodatnu nutritivnu

vrednost ovom ulju i čini ga superiornijim od većine uporedivih ulja (Leizer i sar., 2000; Goldberg i sar., 2012).

Karakteristična zelena boja semena konoplje potiče od mešavine pigmenata (hlorofila, karotenoida i ksantofila) (Latif i Anwar, 2009). Stoga, putem ishrane kokoši nosilja, seme konoplje i njegovo ulje mogu biti korisni kao prirodni izvori pigmenata koji doprinose poboljšanju boje žumanaca i nutritivnom sastavu jaja.

Međutim, sproveden je ograničen broj studija o korišćenju konoplje u ishrani kokoši nosilja (Cruickshank, 1934; Silversides i Lefrançois, 2005; Gakhar i sar., 2012; Goldberg i sar., 2012; Neijat i sar., 2014; Neijat i sar., 2016) zbog čega je potrebno više dokaza o sigurnosti i efikasnosti upotrebe konoplje kod živine pre nego što se ova kultura u potpunosti iskoristi kao potencijalni izvor omega – 3 masnih kiselina u ishrani životinja.

Kako navode Neijat i sar. (2014) i Neijat i sar. (2016) u svojoj studiji, dodatak 10, 20 i 30% semena konoplje kao i 4,5 i 9% ulja konoplje u hranu za kokoši nosilje nije uticalo na proizvodnju jaja, utrošak hrane, masu jedinki ili masu jaja, dok je sa druge strane povećanje udela semena ili ulja dovelo do značajnog povećanja sadržaja α -linolenske kiseline u jajima iz svih eksperimentalnih tretmana. Najveće povećanje, čak 12 puta veći sadržaj ALA u odnosu na kontrolu imala su jaja iz tretmana sa 30% semena i 9% ulja konoplje. Do istih saznanja, da dodatak semena i ulja konoplje ne utiče na proizvodne i tehnološke parametre kvaliteta jaja, a dovode do povećanje sadržaja ALA u žumancima došli su Gakhar i sar. (2012), kao i Silversides i Lefrançois (2005) koji su u svojoj studiji dodavali 5, 10 i 20% sačme od konoplje.

2.7. Senzorske osobine jaja

Senzorska ocena žumanaca se formira na osnovu njene boje, mirisa i ukusa. Boja žumanca je veoma značajna kada je reč o prihvatanju od strane potrošača. Smatra se čak da je ova osobina jajeta najznačajnija kada je reč o izboru i oceni od strane konzumenata (*Delgado-Vargas et al.*,

1998). To je ono što privlači ili odbija potrošače, te je jedan od bitnih parametara koji utiču na plasman proizvoda na tržište.

Boja žumanca je važna za: kokošku, pile, potrošača i prerađivača. Tradicionalno, potrošači pored toga što vezuju boju žumanca za zdravlje kokoške, smatraju da jaja sa bleđim žumancima nisu ni ukusna ni hranljiva (Chowdhury i sar., 2008). Iako nije dokazano da boja žumanca utiče na ukus jaja i sadržaj hranljivih materija, obzirom da je jedan od glavnih atributa senzorskog kvaliteta, mnogi potrošači se radije opredeljuju za jaja sa tamnijom bojom žumanca. Ova osobina jajeta je izrazito važan faktor kvaliteta jaja u nekim zemljama (Francuska, Velika Britanija, Nemačka), dok u drugim zemljama poput Španije i Italije nije presudna (Hernandez, 2005).

Boja žumanca zavisi od ishrane kokoši nosilja i na nju se može uticati dodatkom karotenoida. Pošto je visok unos hrane bogate karotenoidima pokazao brojne pozitivne uticaje na zdravlje, jaja se smatraju namirnicom izuzetno pogodnom za transfer karotenoida u lanac ljudske ishrane (Skřivan i Englmaierová, 2014).

Na ukus i miris jaja se može uticati preko ishrane kokoši nosilja dodatkom uljarica bogatih polinezasićenim masnim kiselinama. Dodatak veće količine ulja bogatog omega-3 masnim kiselinama u hranu može imati negativan efekat na jaja jer ona postaju osetljivija na oksidaciju, što dovodi do promene njihovog ukusa i mirisa (Tserveni-Goussi, 2001; Surai i sar., 2001). Negativan uticaj na senzorske ocene jaja (ukus, miris i prihvatljivost) utvrđen je već pri dodatku 3% ribljeg ulja u smeše za ishranu kokoši nosilja (Škrtić i sar., 2006).

Jaja obogaćena omega-3 masnim kiselinama sa lošim senzorskim ocenama, pojava „ribljeg“ mirisa i ukusa, nisu prihvatljiva za prerađivače i potrošače (Kralik i sar., 2014).

Kao i riblje ulje, i količine lana veće od 10% negativno utiču na senzorsku ocenu jaja (Jiang i sar., 1992; Hayat i sar., 2010a; Coorey i sar., 2015). Međutim kako navode Goldberg i sar. (2012) dodatak semena konoplje (10% i 20%) i ulja konoplje (4%, 8% i 12%) ne utiče na senzorske

osobine jaja. Takođe ni dodatak veće količine lanika ne utiče na senzorsku ocenu jaja (Rokka i sar., 2002; Valkonen i sar., 2007).

Ova saznanja otvaraju nove mogućnosti balansiranja i kombinovanja različitih izvora ulja koja mogu da se dodaju u hranu za kokoši nosilje tako da, sa jedne strane dodje do značajnog povećanja poželjnih omega-3 masnih kiselina u jajima, a sa druge strane da ne dodje do negativnog uticaja na organoleptičku prihvatljivost proizvoda.

Sprečavanje procesa oksidacije u jajima bogatih omega-3 masnim kiselinama, a time i nastanak neprihvatljivog mirisa i ukusa može da se postigne istovremenim uvođenjem vitamina E i karotenoida kao antioksidanasa, koji dovode do povećanja stabilnosti polinezasićenih masnih kiselina u jajima (Surai i Sparks, 2001).

2.8. Jaje kao funkcionalna hrana

Postoji više različitih radnih definicija funkcionalne hrane, ali ne postoji jedinstvena zvanična definicija koja je prihvaćena u svim delovima sveta (Kotilainen, 2006). Jedna od definicija kaže da se hrana može smatrati funkcionalnom samo ukoliko pored svoje osnovne nutritivne funkcije ima povoljno dejstvo na ljudsko zdravlje (Roberfroid, 2002). Ona mora da popravlja generalno zdravstveno stanje ljudi i da smanjuje rizik od pojave bolesti (Perić i sar., 2011). Funkcionalna hrana postaje važna zbog činjenice da potrošači postaju zdraviji hraneći se na ovakav način (Sloan, 2004). Ima preko četrdeset osnovnih nutrijenata koji su potrebni u svakodnevnoj ishrani ljudi za normalno zdravlje i blagostanje. Među ovim osnovnim hranjivim sastojcima ω -3 masne kiseline smatraju se veoma važnima.

Iako su na tržištu prisutne namirnice sa visokim sadržajem omega-3 masnih kiselina, potvrđeno je da se navike u ishrani potrošača izuzetno teško menjaju, te da su ovakve namirnice veoma retko zastupljene na svakodnevnoj trpezi prosečnog konzumenta. Stoga se pristupilo promeni nutritivnog sastava već postojećih i u ljudskoj ishrani široko zastupljenih namirnica. U savremenom uzgoju životinja, ishrana sa dodatkom

specifičnih masnih komponenti, sa visokim sadržajem polinezasićenih masnih kiselina, jedan je od principa koji se primenjuje u cilju smanjenja količine ukupne masti u proizvodima animalnog porekla, smanjenju holesterola, kao i promeni masno-kiselinskog sastava masti (Corino i sar., 2002).

Jaja predstavljaju veoma dobru osnovu da se obogate korisnim materijama i postanu funkcionalna hrana, jer se pojedine korisne supstance koje kokoši konzumiraju u svojim obrocima relativno lako prenose u njihove proizvode (Kralik i sar., 2012). Kod živine, masne kiseline iz hrane se apsorbuju nepromenjene iz tankog creva i direktno ugrađuju u lipidna tkiva. Esencijalne polinezasićene masne kiseline se ne sintetišu u telu živine pa se njihov lipidni profil brzo menja dodatkom ovih kiselina putem hrane (Pisulewski, 2005).

Najčešće se u konzumnim jajima menja: sadržaj masti i masnih kiselina, nivo holesterola, udeo pojedinih vitamina, mineralnih materija i pigmenata (Perić i sar., 2011; Kralik i Lovreković, 2018).

Komercijalna konzumna jaja odlikuju se visokim sadržajem ω -6 polinezasićenih masnih kiselina (uglavnom linolne kiseline) i veoma niskim sadržajem ω -3 masnih kiselina kao što su: LNA (α -linolenska), DHA (dokozaheksaenska) i EPA (eikozapentaenska), što je dovelo do toga da odnos ω -6 : ω -3 masnih kiselina u jajetu bude 15:1, čime se promovise patogeneza mnogih bolesti, uključujući kardiovaskularne bolesti, rak, inflamatorne i autoimune bolesti (Simopoulos, 2002). Za ω -3 masne kiseline, koje pripadaju grupi polinezasićenih masnih kiselina, dokazano je da imaju pozitivan efekat na zdravlje ljudi (Yannakopoulos i sar., 2005).

Najjednostavniji način dobijanja jaja sa povećanim sadržajem ω -3 masnih kiselina jeste dodavanje ulja lana, repice, lanika, suncokreta, konoplje, ribljeg ulja i algi u ishranu kokoši nosilja (Yannakopoulos i sar., 2005; Sujatha i Narahari, 2011; Gakhar i sar., 2012; Cherian i Quezada, 2016; Kralik i Lovreković, 2018). Količina i sastav ω -3 masnih kiselina ovih izvora variraju u velikoj meri. Zbog toga, izvor ω -3 masnih kiselina, njihov sastav i količina, koju treba inkorporirati u redovnu hranu za kokoši nosilje, mora biti pažljivo isplaniran (Bhalerao i sar., 2014). Glavni

cilj je da se poveća nivo omega-3 masnih kiselina toliko da se zadovolje dnevne potrebe čoveka prilikom konzumiranjem jednog jajeta (Grashorn, 2005). Međutim, postoje ograničenja u pogledu količine uljarica koja se može dodati u hranu bez uticaja na zdravlje i performanse životinja, kao i na prihvatljivost proizvoda od strane potrošača. Važno je imati na umu probleme kao što su senzorska svojstva proizvoda, troškovi uključivanja uljarica bogatih ω -3 masnim kiselinama u ishranu kokoši nosilja, kao i rok upotrebe ovakvih proizvoda (Lopez-Ferrer i sar., 1999; Zuidhof i sar., 2009). Negativni efekti koji se javljaju sa povećanjem sadržaja polinezasićenih masnih kiselina u jajima mogu se rešiti dodavanjem antioksidanata u hranu za kokoši nosilje (Irandoust i Ahn, 2015). Najčešće se kao antioksidanti dodaju vitamin E i karotenoidi jer se veoma lako prenose iz hrane u jaja, a mogu se dodavati u relativno širokom opsegu obzirom da ne uzrokuju promene u kvalitetu jaja i nemaju negativan efekat na zdravlje potrošača (Grashorn, 2005). Kao antioksidant može da se dodaje i selen, ali mora pažljivo da se dozira, obzirom da velike količine selena mogu biti štetne po zdravlje ljudi (Perić i sar., 2011). Jiang i sar. (1994) i Meluzzi i sar. (2000) navode da se sadržaj α -tokoferola u jajima linearno povećava sa povećanjem njegovog sadržaja u smešama za ishranu kokoši nosilja. Narahari (2001) navodi da sadržaj vitamina E u jajetu može da se uveća četiri puta, dok se u slučaju dodavanja karotenoida mora voditi računa o boji žumanaca.

Sadržaj α - i β - karotena povećao se sa 0,01 i 0,03 mg/kg u kontrolnim žumancima na 1,29 i 3,39 mg/kg u eksperimentalnim žumancima, respektivno, dodatkom 70 g ljubičaste šargarepe dnevno u ishranu kokoši nosilja (Hammershøj i sar., 2010). Leeson i Caston (2004) su utvrdili da se sadržaj luteina linearno povećava u žumancima sa njegovim povećanjem u smešama za ishranu kokoši, ali do određene granice. Dodatak više od 375 mg/kg luteina u smeše nije više pratilo linerano povećanje sadržaja pigmenata u žumancima, tako da se preporučuje da maksimalna količina luteina u smešama za kokoši nosilje ne bude veća od 250 mg/kg.

Kako navode Surai i Sparks (2001) pažljivim izborom sirovina za ishranu kokoši nosilja može se dobiti funkcionalno jaje koje će u odnosu na komercijalno jaje imati povećati sadržaj Se, vitamina E, luteina i DHA i to 7,7; 26,8, 15,9 i 6,4 puta, respektivno.

2.9. Značaj konzumiranja jaja sa dodatkom prirodnih izvora pigmenata i ω -masnih kiselina na zdravlje čoveka

Jaje predstavlja jednu od najkompletnijih namirnica koja se koristi u ljudskoj ishrani. Ono se odlikuje veoma dobro izbalansiranim sadržajem proteina, masti, ugljenih hidrata, vitamina i minerala (Milošević and Perić, 2011). Žumance sadrži celokupnu količinu masti koja se nalazi u jajetu, polovinu proteina, veći deo kalcijuma, fosfora, gvožđa, cinka i vitamina dok belance sadrži polovinu proteina i riboflavina. Pored svega navedenog, jaje je moguće dodatno obogatiti, izmenom ishrane kokoši nosilja, što omogućava proizvodnju jaja sa povećanim sadržajem poželjnih funkcionalnih sastojaka (Grčević i sar., 2011).

Žumance predstavlja veoma značajan izvor ksantofila, naročito luteina i zeaksantina (Nimalaratne i sar., 2013). Iskoristljivost ovih pigmenata iz žumanca je mnogo bolja u ljudskom organizmu u odnosu na pigmente iz biljnih izvora (Chung i sar., 2004). Karotenoidi (β -karoten, lutein, zeaksantin i dr.) su rastvorljivi u mastima pa se veoma lako apsorbuju iz hrane za kokoši nosilje i ugrađuju u žumanca te na taj način utiču na intenzitet boje žumanca. Pošto se apsorpcija karotenoida u crevima ljudi povećava kad se konzumiraju zajedno sa lipidima, jaja mogu biti koristan mehanizam za usvajanje nekih karotenoida (Olson i sar., 2008).

Vitamin E ima mnogo važnih uloga u organizmu. On štiti masti u lipoproteinima male gustine (LDL) od oksidacije, čime utiče na smanjenje rizika od nastanka kardiovaskularnih bolesti (Higdon, 2004), štiti ćelijske delove od štetnog uticaja slobodnih radikala koji mogu dovesti do pojave raka, učestvuje u zaštiti oka od nastanka katarakte i drugih oštećenja (Grčević i sar., 2011). Konzumiranjem dva funkcionalna jajeta koja su

dobijena dodatkom 200 mg/kg α -tokoferil acetata u hranu za kokoši nosilje, može da se obezbedi oko 60% dnevnih potreba čoveka. Sadržaj α -tokoferola u jajima se smanjuje sa povećanjem nivoa nezasićenih masnih kiselina u hrani za kokoši nosilje, jer se deo vitamina E troši na oksidativne procese do kojih dolazi kod omega-3 polinezasićenih masnih kiselina (Galobart i sar., 2002). Zbog ove njegove značajne osobine, veoma često se dodaje zajedno sa omega-3 masnim kiselinama u hranu za kokoši nosilje jer produžava održivost omega-3 obogaćenim jajima (Galobart i sar., 2001).

Potrošače sve više zanimaju proizvodi koji sadrže omega-3 masne kiseline. Iako se velika količina ovih masnih kiselina nalazi u ribi i morskim plodovima (Laca i sar., 2009), u većini zemalja je potrošnja ovih namirnica na veoma niskom nivou zbog čega je potrebno tražiti druge alternativne izvore. Omega-3 jaja su već popularna u mnogim delovima sveta i konzumiraju ih potrošači koji brinu o svom zdravlju i koji su spremni da ih dodatno plate. Ove masne kiseline igraju veoma važnu ulogu u rastu, razvoju i reprodukciji i usko su povezani sa zaštitom organizma od mnogih bolesti (Sharma i sar., 2009). Povećana učestalost određenih degenerativnih bolesti u poslednje dve decenije pripisana je nedostacima ω -3 masnih kiselina u ishrani (Simopoulos, 2001). Jedan od načina na koji potrošači mogu smanjiti rizik od kardiovaskularnih i drugih degenerativnih bolesti jeste konzumiranje više polinezasićenih masnih kiselina (PMK), posebno ω -3 masnih kiselina (Gebauer i sar., 2006).

Međutim, jedina prepreka za povećanje konzumiranja jaja obogaćenih ω -3 PUFA jeste percepcija potrošača da povećanje potrošnje jaja dovodi do povećanja nivoa holesterola što se smatra nezdravim. Američko udruženje za srce (1999) preporučuje konzumiranje od 3 do 4 žumanca nedeljno. Zbog toga su sprovedene studije sa jajima obogaćenim ω -3 masnim kiselinama, kako bi se procenili efekti upotrebe ovih jaja na profil lipida u serumu, kao i druge zdravstvene faktore. Ferrier i sar. (1995) su upoređivali efekte konzumiranja četiri ω -3 jaja dnevno i četiri standardna jajeta dnevno na serumske lipide kod 28 normolipidemičnih ispitanika. Nakon 2 nedelje, nisu zabeležene značajne promene u

ukupnom holesterolu, holesterolu lipoproteina velike gustine ili koncentracijama triglicerida u plazmi (TG). Međutim, kod ispitanika je potrošnja jaja obogaćenih ω -3 masnim kiselinama dovela je do značajnog povećanja DHA i ukupnih ω -3 PUFA u fosfolipidima trombocita.

Studija koju su sproveli Van Elswyk i sar. (1998) na ispitanicima koje su hranili obogaćenim jajima pokazala je vezu između koronarne bolesti srca i ω -3 masnih kiselina. Oni su nakon 6 nedelja ishrane utvrdili značajno smanjenje agregacije trombocita kod ispitanika koji su konzumirali jaja obogaćena ω -3 masnim kiselinama i na ovaj način su pokazali da ove masne kiseline sprečavaju stvaranje tromba u krvnim sudovima i tako smanjuju mogućnost pojave infarkta.

Međutim, kako navodi Simopoulos (2009) kritičan faktor efikasnosti masnih kiselina nije apsolutna količina ω -6 i ω -3 masnih kiselina već njihov odnos za koji je poželjno da bude što bliži 1:1. Izbalansiran odnos ovih kiselina je najbitniji u prevenciji i lečenju bolesti koronarne arterije, hipertenzije, dijabetesa, artritisa, osteoporoze, inflamatornih i autoimunih poremećaja, raka i mentalnog zdravlja (Simopoulos, 2009).

Približno trećina ukupnog svetskog mortaliteta pripisuje se bolestima srca i krvnih sudova. Srbija se nalazi u grupi zemalja sa visokim rizikom umiranja od ovih bolesti. Tako je npr. učešće ovih bolesti u svim uzrocima umiranja u Srbiji u 2015. godini iznosilo 52,45 % (ZSGRS, 2016).

Danas se za razvoj lekova ulažu velika sredstva, ali oni su namenjeni bolesnicima, a široka populacija mora da se štiti preventivnim merama, tj. upotrebom modifikovane hrane. Pravilna ishrana nije jedini, ali je svakako jedan od osnovnih načina prevencije.

3. Zadatak rada

U mnogobrojnim studijama se navodi da je boja žumanca jedan od bitnih parametara na osnovu kojeg se potrošači odlučuju o kupovini. Mnogi potrošači smatraju da su tamnije obojena žumanca zdravija jer sadrža više pigmenata. Međutim, to je zabluda jer se u savremenoj intenzivnoj proizvodnji jaja za postizanje boje žumanca koriste sintetički pigmenti koji štetno deluju na zdravlje potrošača. Iz tog razloga potrebno je naći prirodne izvore pigmenata koji bi zamenili sintetičke i obezbedili željenu boju žumanca.

Jaje predstavlja namirnicu koja je veoma zastupljena u ljudskoj ishrani zbog niske cene i izuzetne nutritivne vrednosti. Međutim, konzumno jaje je bogato omega-6 masnim kiselinama koje predstavljaju veliki problem savremenom društvu jer je celokupna ishrana današnjeg društva bazirana na namirnicama koje su bogate sa omega-6 a siromašne sa omega-3 masnim kiselinama. Upravo ove omega-3 polinezasićene masne kiseline pokazuju izrazito pozitivno delovanje na prevenciju bolesti srca i krvnih sudova. Omega-3 masne kiseline spadaju u esencijalne s obzirom da ih ljudski organizam ne može sintetisati te moraju biti unete hranom. Jaje predstavlja namirnicu kojoj se veoma jednostavno može menjati nutritivni sastav jer je poznato da se dodavanjem masnih komponenti sa visokim sadržajem polinezasićenih masnih kiselina u hranu za kokoši nosilje, deo masnih materija iz hrane direktno ugrađuje u jaja.

U tom svetlu zadatak naučnih istraživanja i jeste da reši problem koji muči savremeno društvo i da razvojem i modelovanjem novih proizvoda doprinese očuvanju zdravlja ljudi a sa druge strane i da pomogne proizvođačima da proizvode nove proizvode vrhunskog kvaliteta.

Na osnovu prethodno navedenih činjenica, odlučeno je da se u okviru ove disertacije ispita uticaj dodatka prirodnih izvora pigmenata i ko-ekstrudata bogatih omega-3 masnim kiselinama u ishrani kokoši

nosilja na formiranje boje žumanca i nutritivni sastav jaja. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije biće podeljena u dva dela:

- I. **Optimizacija boje žumanca** - dodatkom prirodnih izvora pigmenata
- II. **Optimizacija nutritivnog sastava jaja** - dodatkom različitih izvora ω -3 masnih kiselina i prirodnih izvora pigmenata

I. Optimizacija boje žumanca

Boja žumanca će biti optimizovana dodatkom prirodnih izvora pigmenata, paprike (*Capsicum annuum*), nevena (*Calendula officinalis*) i šargarepe (*Daucus carota*) koji ispoljavaju pozitivne efekte u bojenju žumanaca ukoliko se dodaju u hranu za kokoši nosilje. Stoga će zadatak u prvom delu doktorske disertacije biti ispitivanje uticaja primene pomenutih sirovina pojedinačno i u kombinaciji na:

Ia. Tehnološki kvalitet jaja

- Masu celih jaja
- Masu žumanca
- Masu belanca
- Masu ljuske

Ib. Boju žumanca

- određivanjem prema Roche lepezi (Roche yolk colour fan)
- određivanjem sadržaja β - karotena
- određivanjem vrednosti koordinata L^* , a^* , b^*

Ic. Senzorsku ocenu svežih žumanaca

- Prihvatljivost
- Ujednačenost
- Nijansu boje

II. Optimizacija nutritivnog sastava jaja

Na osnovu dobijenih rezultata iz prvog dela doktorske disertacije biće odabrana *optimalna kombinacija pigmenata* koja će se koristiti kao standardna kombinacija u svim eksperimentalnim tretmanima u drugom delu doktorske disertacije.

Zadatak rada u drugom delu doktorske disertacije biće optimizacija nutritivnog sastava jaja - dodatkom različitih izvora ω -3 masnih kiselina i prirodnih izvora pigmenata. Kao izvori ω -3 masnih kiselina koristiće se semena: lana, lanika i konoplje, koja sadrže preko 30% ulja od čega polovinu čine polinezasićene masne kiseline. Zbog toga što ove uljarice sadrže antinutritivne faktore, biće potrebno prvo primeniti proces ekstrudiranja, kako bi se smanjio sadržaj pomenutih antinutritivnih faktora. Zbog povećanog sadržaja masti u semenima one će se ekstrudirati sa kukuruznom krupicom u odnosu 1:1. S obzirom da su omega-3 masne kiseline nestabilne i sklone oksidaciji, u cilju njihove zaštite, u dobijene ko-ekstrudate biće dodat vitamin E kao antioksidans.

Nakon proizvodnje funkcionalnih ko-ekstrudata, pomoću programa *MX98, Machina Optima* biće napravljene smeše za ishranu kokoši nosilja. Količina dodatih ko-ekstrudata u smeše preračunaće se na osnovu hemijske analize masti tako da dodata količina obezbeđuje 3% i 5% masti iz ko-ekstrudata. Iz tog razloga biće napravljene i dve kontrolne smeše sa 3% i 5% masti, pri čemu jedna kontrolna smeša neće imati dodatih pigmenata a u drugu kontrolnu smešu biće dodati sintetički pigmenti, dok će u sve eksperimentalne tretmane biti dodata ista količina prirodnih izvora pigmenata (odabrana kombinacija iz prvog dela doktorske disertacije).

Stoga će zadatak u drugom delu doktorske disertacije biti ispitivanje uticaja dodatka pigmenata i funkcionalnih ko-ekstrudata na bazi semena lana, lanika i konoplje u hranu za kokoši nosilje na:

Ila. Tehnološki kvalitet jaja

- Masu celih jaja

- Masu žumanca
- Masu belanca
- Masu ljuske
- Debljina ljuske
- Index žumanca
- Hogove jedinice
- pH žumanca
- pH belanca

I**lb.** Boju žumanca

- određivanjem prema Roche lepezi (Roche yolk colour fan)
- određivanjem sadržaja β - karotena
- određivanjem vrednosti koordinata L^* , a^* , b^*

I**lc.** Sastav masnih kiselina u jajima

I**ld.** Sadržaj i sastav tokoferola u jajima

I**le.** Senzorsku ocenu svežih žumanaca i kuvanih jaja

- Prihvatljivost
- Ujednačenost
- Nijansu boje
- Miris
- Ukus

4. Materijal i metode

Eksperimentalni deo doktorske disertacije sastojao se iz dva dela:

- I. **Optimizacije boje žumanca** - upotrebom prirodnih izvora karotenoida (cveta nevena, šargarepe i paprike) prema eksperimentalnom dizajnu.
- II. **Optimizacije nutritivnog sastava jaja** - upotrebom različitih izvora ω -masnih kiselina (lana, lanika i konoplje) i prirodnih izvora boje (izabrana kombinacija iz prvog oglada).

Biološki ogledi za I i II deo doktorske disertacije izvedeni su na farmi kokoši nosilja u Vilovu, vlasnika Simeuna Panića.

Eksperimentalni deo doktorske disertacije koji se odnosi na pripremu hrane za kokoši nosilje u oba dela (mlevenje sirovina, umešavanje sirovina u gotove smeše za kokoši nosilje, ekstrudiranje lana, lanika i konoplje sa kukuruznom krupicom, hlađenja nakon proizvodnje ko-ekstrudiranog hraniva kao i umešavanje funkcionalnih hraniva u smeše za kokoši nosilje) u potpunosti je urađen u pilot postrojenju Istraživačkog centra za tehnologiju hrane za životinje u okviru Naučnog instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu. Hemijske analize sirovina i proizvedenih hraniva, kao i analize tehnološkog i nutritivnog kvaliteta jaja dobijenih nakon bioloških oglada izvedene su u Laboratoriji za tehnologiju, kvalitet i bezbednost hrane - FINSLab u okviru Naučnog instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu. Sadržaj vitamina E u žumancima (iz biološkog oglada II) određen je na Vojnomedicinskoj akademiji u Beogradu.

4.1. Materijal rada

Uticaj prirodnih pigmenata dodatih u hranu na boju žumanca i hrane obogaćene ω -masnim kiselinama na tehnološki kvalitet i nutritivnu

vrednost proizvedenih jaja, ispitani su izvođenjem dva biološka ogleda (Slika 4.1.).



Slika 4.1. Uzgoj kokoši nosilja na farmi u kaveznom sistemu

4.1.1. Optimizacija boje žumanca

U prvom biološkom ogledu trista šezdeset jedinki hibrida *Lohmann Brown* podjeljeno je u dvanaest tretmana: deset oglednih i dva kontrolna. Tretmani su se razlikovali prema izvoru dodatih pigmenata. U jedan kontrolni tretman nisu dodati sintetički pigmenti a u drugi kontrolni tretman je dodata smeša dva sintetička pigmenta (karofil crveni i karofil žuti). U 10 oglednih tretmanima kao izvori prirodnih pigmenata korišćeni su paprika, šargarepa i neven, pojedinačno i u kombinacijama. Svaki tretman je imao šest grupa po pet kokošaka što je ukupno 30 jedinki, koje su uzgajane u kaveznom sistemu. U objektu je obezbeđen odgovarajući obim provetravanja za odvođenje amonijaka koji se oslobađa, uz istovremeno sprečavanje direktnog protoka struje vazduha (promaja). U cilju stimulisanja nosivosti, takođe je primenjen program osvetljavanja (prirodno, ili veštačko svetlo) pri kojem je osvetljavanje postepeno produžavano dok nije dostignuta dužina svetlosnog dana od 14 časova. Hrana i voda su životinjama obezbeđivani *ad libitum*. Prvi ogled je trajao trideset dana. Nakon deset dana od početka ogleda, iz svake grupe sukcesivno je uziman odgovarajući broj nasumično odabranih jaja u

razmaku od po pet dana, odnosno 10., 15., 20., 25. i 30. dana od početka ogleada. Uzorci su analizirani istog dana.

Potpuna smeša za ishranu kokoši nosilja koja je upotrebljena kao kontrolna smeša, sa karakteristikama prikazanim u Tabeli 4.1., nabavljena je iz fabrike stočne hrane „Patent Co.“ d.o.o. iz Mišićeva.

Tabela 4.1. Sastav kontrolne smeše za ishranu kokoši nosilja

Hranivo	g/kg
Kukuruz	587,31
Sojina pogača	211,00
Suncokretova sačma (33% proteina)	98,00
Stočna kreda	62,81
Premix*	40,00
Metionin-DL (99%)	0,18

*Kontrolna smeša sadrži: (11,427 U vitamina A, 2,400 U vitamina D, 54,24 U vitamina E, 2,1 mg vitamina K₃, Zn 91,98 mg/kg, Fe 86,43 mg/kg, Mn 85,56 mg/kg, Cu 14,34 mg/kg, Se 0,29 mg/kg)

Kao prirodni izvori karotenoida za bojenje žumanaca korišćeni su:

- **Crvena mlevena paprika** (*Capsicum annuum*), nabavljena je od firme „Vitamin“ d.o.o., iz Horgoša
- **Sušena šargarepa** (*Daucus carota*), nabavljena je od firme „Geneza“ d.o.o. iz Kanjiže
- **Sušeni cvet nevena** (*Calendulae officinalis*), nabavljen od firme „Herba“ d.o.o. iz Beograda.

Kao sintetički pigmenti za bojenje žumanaca korišćeni su:

- karofil crveni (*eng. carophyll red*), i
- karofil žuti (*eng. carophyll yellow*), nabavljeni iz fabrike stočne hrane „Patent Co.“ d.o.o. iz Mišićeva.

Međufaza čišćenja – Nakon završenog prvog oglada a u cilju pripreme za izvođenje drugog biološkog oglada, u periodu od 14 dana, kokoške su hranjene kontrolnom smešom bez dodatih pigmenata radi uspostavljanja ravnotežne boje žumanaca u svim grupama pre početka novog oglada.

4.1.2. Optimizacija nutritivnog kvaliteta jaja

U drugom biološkom ogledu dvesta četrdeset jedinki hibrida *Lohmann Brown* podeljeno je u osam tretmana: šest oglednih i dva kontrolna. Tretmani su se razlikovali po količini i izvoru masti, kao i po izvoru pigmenata. Jedan kontrolni tretman imao je 3% masti bez dodatih sintetičkih pigmenata a drugi 5% masti sa dodatim sintetičkim pigmentima. Šest oglednih tretmana su se razlikovali prema količini dodatih masti (3% i 5%) i prema izvoru ω -3 masnih kiselina (lan, lanik ili konoplja), dok je u svim dodata ista količina prirodnih pigmenata (odabrana optimalna kombinacija iz I oglada). Svaki tretman je imao šest grupa po pet kokošaka što je ukupno 30 jedinki po tretmanu, koje su uzgajane u kaveznom sistemu. U objektu su obezbeđeni isti uslovi kao i u prvoj fazi oglada. Hrana i voda su životinjama obezbeđivani *ad libitum*. Drugi ogled je trajao trideset dana. Nakon deset dana od početka oglada, iz svake grupe sukcesivno je uziman odgovarajući broj nasumično odabranih jaja u razmaku od po pet dana, odnosno 10., 15., 20., 25. i 30. dana od početka oglada. Uzorci su analizirani istog dana.

Kao sirovine sa funkcionalnim osobinama u ishrani kokoši nosilja upotrebljeni su:

- **Seme lana** (*Linum usitatissimum*), nabavljeno je od firme Lučar d.o.o. iz Novog Sada, Srbija.
- **Seme lanika** (*Camelina sativa*), nabavljeno je iz Italije, od firme „Ornitalija“ Product Service s.r.l., Colloredo di Monte Albano, Udine.
- **Seme konoplje** (*Cannabis sativa*), nabavljeno je od firme „Jomip“ d.o.o., iz Novog Sada, Društva za proizvodnju, promet i usluge.

Na osnovu dobijenih rezultata, kao prirodni izvor pigmenata za bojenje žumanaca u drugom ogledu, odabrana je optimalna kombinacija iz prvog biološkog ogleda:

- **sušena šargarepa (1%)**
- **crvena mlevena paprika (0,5%)**

Pored funkcionalnih i sirovina sa prirodnim izvorima pigmenata u oglednim smešama za ishranu kokoši nosilja korišćene su i sledeće sirovine:

- **Kukuruzna krupica**, sa 1% ulja, nabavljena iz fabrike „Mirotin Tisa“ d.o.o. iz Savinog Sela.
- **Suncokretova sačma**, sa 33% proteina, nabavljena iz uljare „Victoria Oil“ a.d. iz Šida.
- **Sojina sačma, stočni kvasac, mono-kalcijum fosfat, natrijum bikarbonat, premix 1%, stočna kreda, stočna so i DL-metionin** nabavljeni iz fabrike stočne hrane „Dren“ d.o.o. iz Novog Sada.
- **Vitamin E** u obliku belog praha, proizvođača BASF Corporation, nabavljen je iz fabrike stočne hrane „Patent Co.“ d.o.o. iz Mišićeva.

U kontrolnoj smeši za ishranu kokoši nosilja pored gore navedenih korišćene su i sledeće sirovine:

- **Sojino ulje**, proizvođača „DTD Ribarstvo“ iz Bačkog Jarka.
- **Sintetički pigmenti**, karofil crveni i karofil žuti, nabavljeni iz fabrike stočne hrane „Dren“ iz Novog Sada.

4.2. Metode rada

Metode rada su podeljene u dva dela prema ciljevima doktorske disertacije za optimizaciju boje žumanaca i za optimizaciju nutritivnog sastava jaja.

4.2.1. Priprema sirovina i njihovo umešavanje - za prvi biološki ogled

Kao što je navedeno u uvodnom delu Materijal i metode, cilj prvog dela doktorske disertacije bio je optimizacija boje žumanaca upotrebom prirodnih izvora pigmenata (nevena, šargarepe i paprike). Neven i šargarepa koji su korišćeni u prvom biološkom ogledu dobijeni su u obliku koji kokoši nisu mogle direktno da koriste tako da su se morali prethodno samleti, dok je crvena paprika bila u obliku praha i mogla je direktno da se umešava u smeše za ishranu kokoši nosilja. Za mlevenje šargarepe i nevena upotrebljen je laboratorijski mlin čekićar, Tip 11, proizvođača „ABC Inženjering“ iz Pančeva. Ovaj mlin se sastoji od četiri reda čekića, svaki red ima po četiri čekića, što je ukupno šesnaest, kao što je prikazano na Slici 4.2. Dužina jednog čekića iznosi 10 cm. U ovom eksperimentu je upotrebljeno sito prečnika otvora od 3 mm.



Slika 4.2. Laboratorijski mlin čekićar

Sirovine su umešavane u smeše za kokoši nosilje prema eksperimentalnom dizajnu smeše (*eng.* mixture design - 5 × Simplex-lattice design, sa 3 nivoa i 3 parametra) (*e-Handbook of Statistical Methods, 2012*). Prema tom dizajnu bilo je 12 tretmana (T1-T12) od kojih su dva bila kontrolna (sa i bez dodatka sintetičkih pigmenata), i deset oglednih koji su imali različite kombinacije nevena, šargarepe i paprike. Eksperimentalni dizajn smeše je prikazan u Tabeli 4.2.

Tabela 4.2. Eksperimentalni dizajn smeše

Tretmani	Cvet nevena (g/kg)	Šargarepa (g/kg)	Paprika (g/kg)
T1	Kontrolna smeša - bez pigmenata		
T2	Kontrolna smeša –sa sintetičkim pigmentima*		
T3	15	0	0
T4	10	5	0
T5	5	10	0
T6	10	0	5
T7	5	0	10
T8	5	5	5
T9	0	15	0
T10	0	10	5
T11	0	5	10
T12	0	0	15

*Kontrolna smeša sadrži: 0,05 g/kg *karofil crvenog* i 0,01 g/kg *karofil žutog*

Sirovine su umešavane u dvoosovinskoj lopatastoj mešalici – parnom kondicioneru, model SLHSJ0.2 „Muyang“ (Kina), maksimalnog kapaciteta 100 kg po šarži, sa po 14 lopatica na jednoj osovini, sa duplim zidovima (plaštom), rezervoarom za doziranje tečnosti i kanalima za doziranje pare i vode. Vreme mešanja je 90 s. Nakon umešavanja, smeše su se pakovale u obeležene džakove od 25 kg.

4.2.1.1. Hemijske analize smeše i prirodnih izvora pigmenata

U nevenu, šargarepi i paprici, kao i u gotovim smešama za ishranu kokoši nosilja za prvi ogled, određeni su: sadržaj vlage prema AOAC metodi broj 934.01, sirovih proteina prema AOAC metodi broj 978.04, sadržaj sirove celuloze prema AOAC metodi broj 978.10, sadržaj sirove masti prema AOAC metodi broj 920.39 i sirovog pepela prema AOAC metodi broj 942.05 (AOAC, 1998). Hemijske analize rađene su u tri ponavljanja.

4.2.1.2. Određivanje tehnoloških pokazatelja kvaliteta jaja

Od tehnoloških pokazatelja kvaliteta jaja određeni su: masa celog jajeta, masa belanca, masa žumanca i masa ljuske.

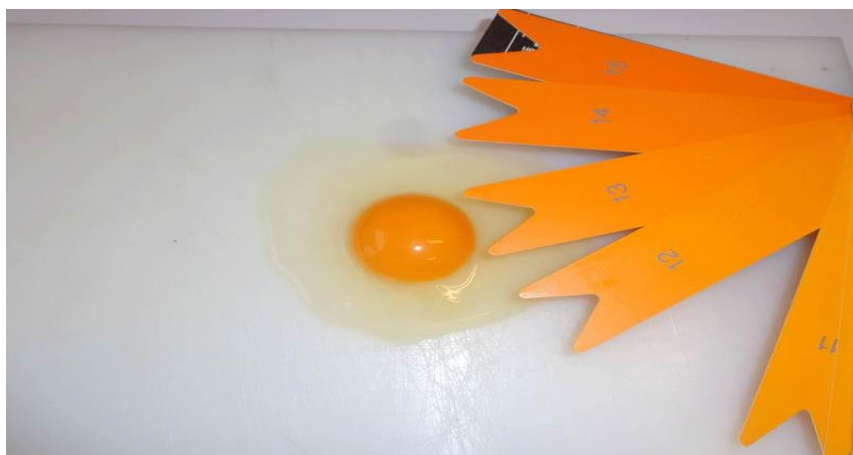
Masa celog (nerazbijenog) jajeta, masa ljuske i mase žumanca nakon odvajanja od belanca određena je merenjem na analitičkoj vagi proizvođača Metler Toledo, model MS204S. Masa belanca je određena računski oduzimanjem mase žumanca i mase ljuske od mase celog jajeta.

4.2.1.3. Određivanje boje žumanca

Boja žumanaca proizvedenih jaja određena je:

- Vizuelno
 - ✓ poređenjem boje žumanaca sa Roche lepezom
- Instrumentalno
 - ✓ određivanjem sadržaja β -karotena (spektrofotometrijski)
 - ✓ merenjem parametara L^* , a^* i b^* u CIELab sistemu

Kod vizuelnog određivanja boje žumanca (Slika 4.3.) upotrebljena je Roche lepeza (engl. Roche yolk color fan) Hoffman-La Roche Ltd, Basel, Switzerland). Metoda se zasnivala na poređivanju boje žumanca sa bojama na Roche lepezi gde su se vrednosti kretale od 1 (najsvetlija, blede žuta) do 15 (najtamnija narandžasta).



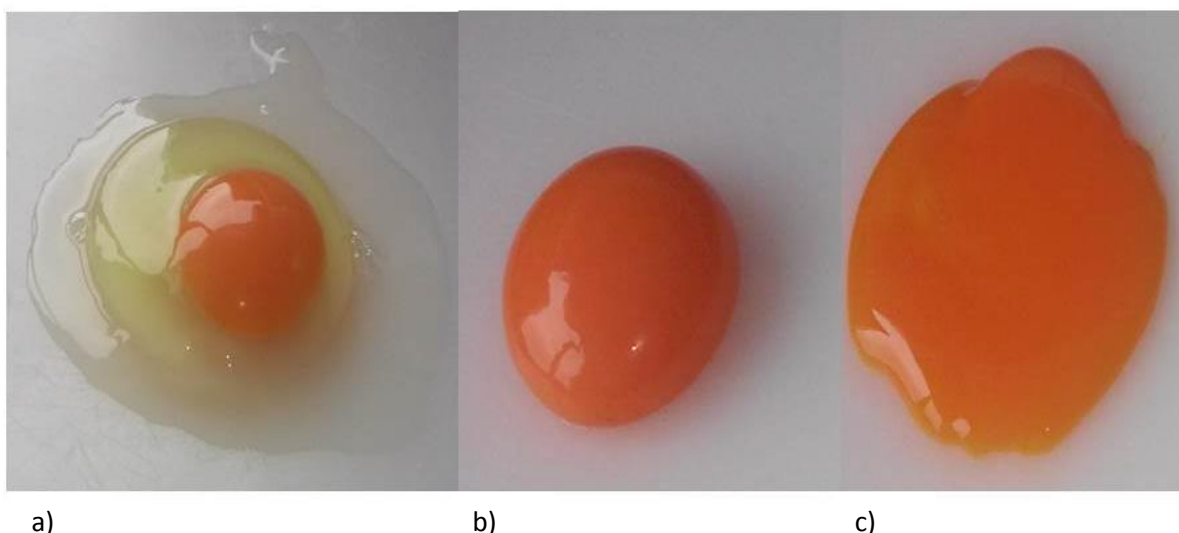
Slika 4.3. Roche lepeza za određivanje boje žumanca

Sadržaj β -karotena u žumancima određen je primenom AOAC metode (JAOAC, 1973) koja se zasniva na ekstrakciji pigmenata iz žumanca upotrebom acetona i merenjem njihovih apsorbanaci na spektrofotometru na talasnoj dužini od 450 nm. Kao standardni rastvor korišćen je β -karoten od koga je napravljena serija razblaženja, a merenjem njihovih apsorbanaci formirana je kalibraciona kriva. Na osnovu kalibracione krive izračunat je sadržaj β -karotena u uzorku, a rezultat izražen u $\mu\text{g } \beta\text{-karotena/g}$ uzorka.

Boja žumanca instrumentalno je određena upotrebom Minolta Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Japan), sa prečnikom kontaktne površine od 8 mm. Rezultati su prezentovani prema CIELab sistemu boja, gde su koordinate definisane na sledeći način: L^* je koordinata svetloće boje (0 označava crnu, a 100 belu boju), a^* je crveno-zelena koordinata (a^{*+} označava crvenu, a a^{*-} označava zelenu boju) i b^* je žuto-plava koordinata (b^{*+} označava žutu, a b^{*-} označava plavu boju).

Boja žumanca je određena u:

- celom jajetu (belance i žumance zajedno) (L_1^* , a_1^* , b_1^*)
- u žumancu sa vitelinskom membranom (L_2^* , a_2^* , b_2^*) i
- u žumancu bez vitelinske membrane (L_3^* , a_3^* , b_3^*) (Slika 4.4.).



Slika 4.4. Instrumentalno određivanje boje žumanca a) u celom jajetu, b) u žumancu sa vitelinskom membranom i c) u žumancu bez vitelinske membrane

Određivanje boje žumanca je izvršeno na 10 jaja (n=10). Boja žumanca je merena na tri mesta, jednom u centru i dva puta sa strane. Pre merenja izvršena je kalibracija standardom bele boje.

4.2.1.4. Senzorska analiza boje svežih jaja

Senzorsku analizu određivanjem prihvatljivosti, ujednačenosti i nijanse boje žumanaca, dobijenih ishranom kokoši nosilja sa dodatkom nevena, šargarepe i paprike, sproveo je panel od sedam utreniranih ocenjivača (šest ženskih i jedan muški ocenjivač, 31-59 godina). Ocenjivači su regrutovani među zaposlenim istraživačima sa Instituta za prehrambene tehnologije, prema SRPS EN ISO 8586 (2015). Prihvatljivost, ujednačenost i nijansa boje su ocenjivani Likertovom skalom od 5 tačaka sa krajnjim tačkama označenim od 1 do 5, kao što je prikazano u Tabeli 4.3.

Table 4.3. Senzorska ocena svežeg žumanca

VIZUELNA TEHNIKA		
IZGLED PROIZVODA		
Prihvatljivost boje	Ujednačenost boje	Boja (Nijansa)
5 – poželjna	5 – ujednačena	5 – optimalna (narandžasta)
4 – skoro poželjna	4 – skoro ujednačena	4 – neznatna odstupanja*
3 – ni poželjna ni nepoželjna	3 – delimično ujednačena	3 – primetna odstupanja*
2 – skoro nepoželjna	2 – neujednačena	2 – izražena odstupanja*
1 – nepoželjna	1 – izrazito neujednačena	1 – jako izražena odstupanja*

*odstupanje se odnosi na svetliju ili tamniju nijansu dogovorene optimalne boje prema Roche lepezi

Sva svojstva su ocenjena vizuelno u Laboratoriji za senzorske i tehničke analize FINSLab-a, koja ispunjava zahteve SRPS EN ISO 8589 (2012). Jaja su služena na plastičnim tanjirićima označenim posebnim kodom za svaki uzorak (Slika 4.5.).



Slika 4.5. *Senzorska analiza svežih žumanaca*

4.2.2. Priprema sirovina i njihovo umešavanje - za drugi biološki ogled

4.2.2.1. Ekstrudiranje uljarica

Postupak ekstrudiranja kukuruzne krupice sa lanom, lanikom i konopljom u cilju dobijanja funkcionalnih hraniva izveden je u pilot postrojenju Centra za tehnologiju hrane za životinje.

Šematski prikaz linije proizvodnje dat je na Slici 4.6.



Slika 4.6. Šematski prikaz proizvodnje funkcionalnog hraniva

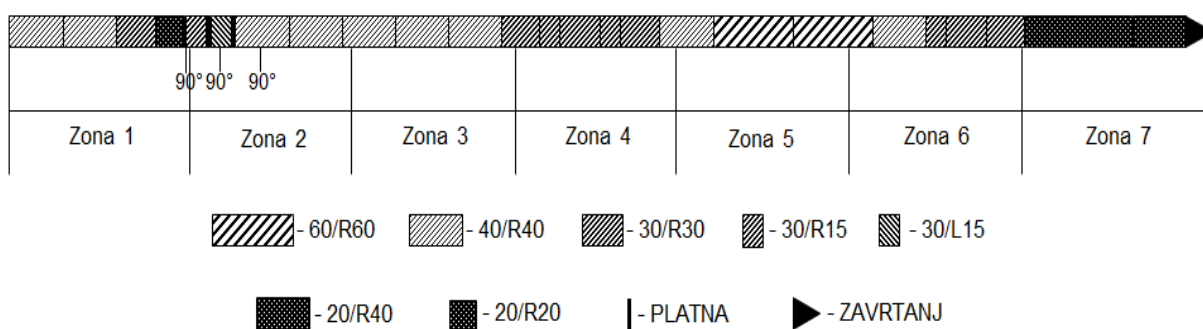
Za usitnjavanje sirovina bogatih uljem korišćen je mlin čekićar sa horizontalno postavljenom mlevnom komorom prečnika 31 cm i bočnim, centralnim ulazom materijala u komoru (ABC Inženjering, Pančevo, Srbija). Za usitnjavanje lana korišćeno je sito prečnika otvora 4 mm, za konoplju sito prečnika 5 mm, dok je za usitnjavanje lanika korišćeno sito prečnika 2 mm.

Usitnjene sirovine bogate uljem umešane su sa kukuruznom krupicom u odnosu 1:1 u dvoosovinskoj, lopatastoj mešalici (model SLHSJ0.2, Muyang, Yangzhou, Kina). Trajanje mešanja iznosilo je 90 s po šarži (50 kg). Dobijene smeše ekstrudirane su primenom dvopužnog ekstrudera Bühler BTSK 30/28D (Bühler, Uzwil, Švajcarska) sa 7 zona, dužine cevi od 880 mm i odnosa dužina/prečnik = 28 : 1, sa pužnicama koje se međusobno uklapaju i rotiraju u istom smeru (Slika 4.7.).

Korišćena konfiguracija pužnice sastojala se od 31-nog transportnog segmenta različitih dužina i različitih koraka navoja (Slika 4.8.).



Slika 4.7. Dvopužni ekstruder



Slika 4.8. Korišćena konfiguracija pužnica

Ulazni i izlazni parametri ekstrudiranja za sve tri korišćene uljarice sa kukuruznom krupicom za potrebe drugog dela oglada prikazani su u Tabeli 4.4. Cev ekstrudera bila je opremljena plaštom za regulaciju temperature zona 2, 3, 4, 6 i 7, dok su senzori za merenje temperature materijala u cevi ekstrudera bili postavljeni u zonama 3 i 6. Regulacija temperature obavljana je primenom dva uređaja za kontrolu temperature koji koriste vodu kao fluid za razmenu toplote (Regloplas P140 smart, Regloplas, St. Gallen, Švajcarska), gde je Regloplas uređaj broj 1 kontrolisao temperaturu zona 2, 3 i 4, dok je Regloplas broj dva korišćen za kontrolu temperatura zona 6 i 7. Na izlazu materijala iz ekstrudera

korišćena je matrica otvora prečnika 4 mm (sa konusnim ulazom), dok je materijal usitnjavan primenom rotacionog noža ekstrudera opremljenog sa 6 oštrica i promenom brzine obrtanja. Tokom ekstrudiranja na PLC displeju ekstrudera praćeni su svi izlazni parametri: temperatura materijala u cevi ekstruderu u zonama 3 i 6, kao i temperatura matrice (°C), pritisak na matrici (bar), opterećenje motora izraženo kao obrtni moment (Nm) i SME – specifična mehanička energija (Wh/kg).

Tabela 4.4. Parametri ekstrudiranja uljarica sa kukuruznom krupicom

Temperature zona cevi ekstrudera	Lan+kukuruzna krupica	Konoplja+kukuruzna krupica	Lanik+kukuruzna krupica
Zadata temperatura Regloplasa 1 (zone 2,3 i 4) (°C)	110	100	125
Zadata temperatura Regloplasa 2 (zone 6 i 7) (°C)	110	100	140
Temperatura ^a (°C)			
Zona 3	104,7	96,9	119,6
Zona 6	106,9	99,3	132,4
Matrica	96	116	129
Broj obtaja puža (obrtaja/min)	400	400	950
Prečnik otvora matrice (mm)	4	4	4
Površina otvora matrice (mm ²)	12,56	12,56	12,56
Protok materijala (kg/h)	55	55	45
Pritisak na matrici (bar)	28,5	26,6	5,0
Obrtni moment ^b (Nm)	88,0	132,0	68,2
SME ^c (Wh/kg)	50,7	101,0	95,1
Broj obrtaja noža (obrtaja/min)	720	2700	250

^a Temperatura materijala merena senzorima postavljenim unutar cevi ekstrudera.

^b Opterećenje motora, 100% obrtnog momenta je 220 Nm. ^c Specifična mehanička energija.

Proizvedeni ko-ekstrudat je hlađen u vibro hladnjaku (model FB 500x200, "Amandus Kahl", Nemačka) pri temperaturi od 25°C. Nakon hlađenja ko-ekstrudata, dodat mu je vitamin E umešavanjem u

dvoosovinskoj, lopatastoj mešalici. Vitamin E je dodavan kao antioksidans da bi se održale nezasićene masne kiseline čiji je sadržaj veoma visok u proizvedenim ko-ekstrudatima. Vitamina E je dodavan u količini od 1,35 g/kg ko-ekstrudata.

4.2.2.2. Eksperimentalni plan umešavanja funkcionalnih dodataka

Ko-ekstrudati (lana, lanika i konoplje), kao i odabrana kombinacija šargarepe i paprike iz prvog biološkog ogleđa, su umešavani u smeše za kokoši nosilje prema eksperimentalnom planu koji je prikazan u Tabeli 4.5.

Tabela 4.5. Eksperimentalni plan udela ko-ekstrudata u smeše za ishranu kokoši nosilja

Ko-ekstrudati	Tretmani	Udeo ko-ekstrudata [%]	Udeo masti iz ko-ekstrudata [%]
Lan + kukuruzna krupica	L1	13,5	3
	L2	22,5	5
Lanika + kukuruzna krupica	C1	16,6	3
	C2	27,6	5
Konoplja+ kukuruzna krupica	H1	18,4	3
	H2	30,7	5

Eksperimentalni plan je koncipiran tako da udeo masti iz ko-ekstrudata bude na dva nivoa (3% i 5%) a dodatak šargarepe i paprike isti kod svih eksperimentalnih tretmana (1% šargarepe i 0,5% paprike). Na osnovu hemijskih analiza ko-ekstrudata izračunat je udeo ko-ekstrudata koji je potrebno dodati da bi se zadovoljili zadati nivoi masti. Iz tog razloga napravljena su dva kontrolna tretmana koja u gotovim smešama imaju 3% i 5% masti. Prema eksperimentalnom planu bilo je 8 tretmana - dva kontrolna (K1 sa 3% masti bez dodatih pigmentata i K2 sa 5% masti i dodatim sintetičkim pigmentima), i šest eksperimentalnih sa različitim udelom ko-ekstrudata koji su prikazani u Tabeli 4.6.

Tabela 4.6. Recepture gotovih smeša za ishranu kokoši nosilja

Komponente smeše	K1	K2	L1	L2	C1	C2	H1	H2
Kukuruz	57,60	55,40						
Ko-ekstrudat lana			13,50	22,50				
Ko-ekstrudat lanika					16,60	27,60		
Ko-ekstrudat konoplje							18,40	30,70
Sojino ulje	1,30	3,00						
Kukuruzna krupica			46,70	40,30	45,80	38,80	42,50	33,50
Sojina sačma	20,00	20,00	17,20	14,60	15,00	11,00	16,50	13,20
Sunc. sačma - 33%	8,50	9,00	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50
Stočni kvasac	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Mono-kalc. fosfat	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Natrijum bikarbonat	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Stočna kreda	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Stočna so	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Paprika			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Šargarepa			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sintetički pigment [g/kg]		0,055*						

Kontrolni tretman K2 sadrži: 0,040 g/kg crvenog i 0,015 g/kg žutog pigmenta

Recepture gotovih smeša sa funkcionalnim dodacima za ishranu kokoši nosilja za svaki pojedinačni tretman napravljene su pomoću programa *MX98, Machina Optima* (preduzeća za informatički inženjering).

4.2.2.3. Hemijska analiza semena uljarica, ko-ekstrudata i gotovih smeša

U semenima lana, lanika i konoplje, u proizvedenim ko-ekstrudatima i gotovim smešama za ishranu kokoši nosilja određeni su:

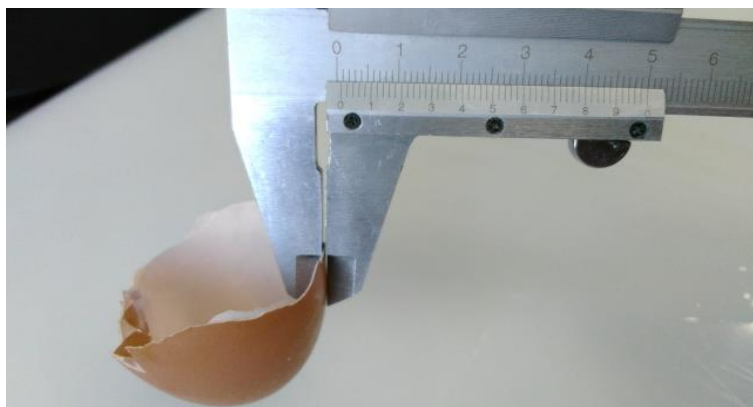
sadržaj vlage prema AOAC metodi broj 934.01, sirovih proteina prema AOAC metodi broj 978.04, sirove celuloze prema AOAC metodi broj 978.10, sirove masti prema AOAC metodi broj 920.39 i sirovog pepela prema AOAC metodi broj 942.05 (AOAC, 1998). Sadržaj cijanogenih glikozida (preko količine cijanovodonične kiseline) određen je prema AOAC metodi broj 915.03, sekcija b (AOAC, 1998), a sadržaj glukozinolata po mađarskom standardu MSZ-08-1908 (1989). Hemijske analize rađene su u tri ponavljanja.

4.2.2.4. Određivanje tehnoloških karakteristika jaja

Od tehnoloških pokazatelja kvaliteta jaja određeni su: masa celog jajeta, masa belanca, masa žumanca, masa ljuske, debljina ljuske, visina i širina žumanca, visina belanca, pH vrednost žumanca i belanca.

Masa celog jajeta, masa ljuske i masa žumanca određene su merenjem na analitičkoj vagi, a masa belanca je određena računski, kao i nakon prvog ogleada.

Nakon merenja mase celog jajeta, jaja su razlupana, ljuske su pažljivo odvojene i izmerena im je masa. Po skidanju membrane sa unutrašnje strane ljuske izmerena je debljina ljuske jajeta upotrebom mikrometra (Slika 4.9.). Debljina ljuske jajeta izražena je kao srednja vrednost merenja u tri tačke: najoštrijoj, najzatupljenijoj i ekvatorijalnoj tački.



Slika 4.9. *Merenje debljine ljuske*

Indeks žumanca

Izračunava se tako što se visina žumanca, koja se meri tripodnim mikrometrom (Slika 4.10.), podeli sa njegovom širinom, koja se meri kljunastim merilom (šublerom), i ta vrednost se pomnoži sa 100.

Indeks žumanca (I) određen je prema formuli (1):

$$I = \frac{h}{v} \cdot 100\% \quad (1)$$

gde je: h - visina žumanca

v - širina žumanca



Slika 4.10. Merenje visine žumanca i belanca

Visina belanca

Kvalitet belanca može se odrediti merenjem njegove visine pomoću tripodnog mikrometra (Slika 4.10.) i izražava se u milimetrima. Ovaj parametar koristi se za izračunavanje Hogovih jedinica (HU) kao merila svežine jaja, prema sledećoj formuli (2) (Monira i sar., 2003):

$$HU = 100 \cdot \log(H + 7.57 - 1.7 \cdot m^{0.37}) \quad (2)$$

Gde je: H - maksimalna visina belanca, mm

m - masa jaja, g

pH vrednost

pH vrednosti belanca i žumanca izmerena je upotrebom pH-metra (Consort C931, Turnhout, Belgium).

4.2.2.5. Određivanje boje žumanca

Boja žumanaca proizvedenih jaja određena je:

- Vizuelno
 - ✓ poređenjem boje žumanaca sa Roche lepezom
- Instrumentalno
 - ✓ određivanjem sadržaja β -karotena (spektrofotometrijski)
 - ✓ merenjem parametara L^* , a^* i b^* (kolorimetrijski)

4.2.2.6. Određivanje sastava masnih kiselina uljarica, ko-ekstrudata i jaja

Analiza masnokiselinskog sastava uzoraka izvedena je iz ekstrakata masne faze. Za ekstrakciju je upotrebljena metoda po Folch-u koja se već dugi niz godina pokazuje kao najpogodnija za izolaciju ukupnih lipida, naročito iz uzoraka animalnog porekla (Folch i sar., 1957).

Metodom po Verešbaraniju pripremljeni su su metil-estri masnih kiselina, transmetilacijom sa 14% metanolnim rastvorom bortrifluorida (Karlović i Andrić, 1996). Kao rastvarač korišćen je n-heptan. Uparavanjem u struji azota uklonjen je ostatak rastvarača i na taj način su metil estri masnih kiselina oslobođeni od rastvarača.

Pripremljeni uzorci analizirani su gasnom hromatografijom pomoću uređaja Agilent 7890A system (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) sa plameno-jonizujućim detektorom (GC-FID) i autoinjektujućim sistemom za tečnosti, na kapilarnoj koloni od mešane silike (Supelco SP-2560 Capillary GC Column 100m x 0.25 mm, d = 0.20 μ m) sa helijumom kao nosećim gasom (čistoće=99.9997 vol %, pri protoku od 1.5 ml·min⁻¹ i pritisku od 1.092 bar). Primenjen je GC režim kao što je opisano kod Čolović i sar. (2015a)

Poređenjem retencionih vremena pikova standarda sa retencionim vremenima pikova metil estara masnih kiselina iz uzoraka, određen je sastav masnih kiselina u uzorku. Kao standard korišćen je "Supelco 37 component fatty acid methyl ester mix". Rezultati su izražavani kao udeo masne kiseline (masa pojedinačne masne kiseline, ili grupe masnih kiselina u g) u 100 grama masnih kiselina iz uzorka, ($m_{u,i}$), određeni prema formuli 3:

$$m_{u,i} = \frac{A_{u,i} \times F'_i}{\sum A_{u,i} \times F'_i} \times 100$$

(3)

Gde je: F'_i - relativni korekcionni faktor date masne kiseline

$A_{u,i}$ - površina zahvaćena pikom metil estara masne kiseline i u uzorku

4.2.2.7. Određivanje sadržaja i sastava tokoferola u proizvođenim jajima

Sadržaj tokoferola određen je u jajima primenom visokopritisne tečne hromatografije (HPLC) na reverznoj fazi. Priprema uzoraka započeta je odvajanjem belanca od žumanca, a potom je i sa žumanca odvojena opna (vitelinska membrana), nakon čega su uzorci homogenizovani, pakovani u sterilne posudice i zamrznuti do momenta analize (Popovic i sar., 2015).

Oko 2 g uzorka je odmereno sa tačnošću na dve decimale u šlifovani erlenmajer od 125 ml. Uzorku je dodato 20 mL 96 % etanola, 0,12 g pirogalola, ali tako da se prvo doda 1-2 ml rastvora i napravi homogena pasta od žumanca a potom se doda i ostatak rastvora. Nakon dodatka 3 mL vodenog rastvora KOH (8,9 mol/L) smeša se zagreva 30 minuta na 60°C uz refluks i mešanje. Potom se hladi i prebacuje u normalni sud od 50 mL, koji se dopunjuje sa 96% etanolom do oznake. Alikvot od 5 mL je zatim prebačen u epruvetu sa šlifovanim zatvaračem u koju je dodato 5 ml hladne dejonizovane vode i 5 ml heksana. Smeša je promešana na vibracionom mešaču u trajanju od 3 min. U izdvojeni heksanski sloj je

dodat KH_2PO_4 i smeša je opet promešana na vibracionom mešaču u trajanju od 30 s. Alikvot od 4 mL heksanskog rastvora je zatim osušen do suva u struji azota. Suvi ostatak se rastvori u 4 mL metanola i nakon toga se profiltrira kroz 0,45 μm membranski filter (Syringe Filter Nylon 25 mm, Cronus, UK). Razdvajanje je izvedeno na HPLC sistemu Waters M600E (Rabrenović i sar., 2014; Rabrenović i sar., 2016).

Prilikom hromatografske analize primenjeni su sledeći uslovi:

- Kolona: Nucleosil 50-5 C18, 4.6x250 mm, 5 μm .
- Mobilna faza: 95% Metanol
- Protok: 1,0 mL/min,
- Zapremina injektovanja: 10 μl
- Temperatura kolone: 25°C
- Detektor: FLD (Ex 292 i Em 330)

HPLC standardi tokoferola proizvođača Sigma Co (Supelco, USA) su korišćeni za pravljenje kalibracione krive. Poređenjem retencionih vremena pikova standarda sa retencionim vremenima pikova iz uzoraka, određen je sadržaj i sastav tokoferola u uzorku.

4.2.2.8. Senzorska analiza jaja

Nakon drugog biološkog oglada u kojem su kokoši, pored šargarepe i paprike, hranjene i različitim izvorima polinezasićenih masnih kiselina, urađena je senzorska ocena boje svežeg žumanca i senzorska ocena kuvanog jajeta prema SRPS EN ISO 8586 (2015) koju je izvršio isti panel utreniranih ocenjivača koji je izvršio i senzorsku ocenu svežeg žumanca nakon prvog biološkog oglada. Pored prihvatljivosti, ujednačenosti i nijanse boje koje su ocenjivane kod svežeg žumanca, panel je ocenjivao ukus i miris kuvanih jaja prema skali od 5 tačaka sa krajnjim tačkama označenim od 1 do 5 (Radovanović i Popov-Raljić, 2001), kao što je prikazano u Tabeli 4.7.

Table 4.7. *Senzorska ocena svežeg žumanca i kivanog jajeta*

Vizuelna tehnika (gledanje)		
Prihvatljivost boje	Ujednačenost boje	Boja (nijansa)
5–poželjna	5–ujednačena	5–optimalna (narandžasta)
4–skoro poželjna	4–skoro ujednačena	4–neznatna odstupanja*
3–ni poželjna ni nepoželjna	3–delimično ujednačena	3–primetna odstupanja*
2–skoro nepoželjna	2–neujednačena	2–izražena odstupanja*
1–nepoželjna	1– izrazito	1–jako izražena
Olfaktorna (mirisna) tehnika		
Miris		
5–Optimalno izražen, svojstven miris		
4–Umereno izražen, svojstven miris		
3–Zadovoljavajući		
2–Zadovoljavajući, neznatno prisustvo stranog mirisa		
1–Nesvojstven, strani miris		
Degustativna tehnika		
Ukus		
5 –Izuzetno prijatan, svojstven ukus		
4 –Prijatan, svojstven ukus		
3 – Ni prijatan ni neprijatan		
2 – Skoro neprijatan, pojavanaknadnog ukusa		
1 – Neprijatan, strani ukus		

*odstupanje se odnosi na svetliju ili tamniju nijansu dogovorene optimalne boje prema atlasu boja (RYCF)

Sva svojstva su ocenjena vizuelno u Laboratoriji za senzorske i tehničke analize FINSLab-a, koja ispunjava zahteve SRPS EN ISO 8589 (2012). Jaja su služena na plastičnim tanjirićima označenim posebnim kodom za svaki uzorak.

4.2.2.9. Statistička obrada dobijenih podataka

Rezultati su analizirani primenom dvofaktorske analize varijanse (ANOVA) uz primenu Tukey-evog HSD testa (engl. Honestly significant differences), pri čemu su srednje vrednosti smatrane značajno različitim pri nivou statističke značajnosti $p < 0,05$. Izračunavanja su rađena

korišćenjem softvera Statistica 13.2 za Windows (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA; 2016).

Odvajanje i klasifikacija posmatranih uzoraka u faktorskoj ravni na osnovu eksperimentalnih vrednosti izvršeno je primenom tehnike prepoznavanja sličnosti, odnosno analizom glavnih komponenti (PCA) (*engl. Principal Component Analysis*).

5. Rezultati istraživanja

Prvi deo doktorske disertacije predstavljaju rezultati dobijeni ispitivanjem uticaja dodatka prirodnih izvora pigmenata (nevena, šargarepa i paprike) u ishranu kokoši nosilja na tehnološke karakteristike kvaliteta jaja, boju žumanca i senzorsku ocenu svežih jaja.

Drugi deo doktorske disertacije predstavljaju rezultati dobijeni ispitivanjem uticaja ko-ekstrudata na bazi semena lana, lanika i konoplje (kao izvora omega masnih kiselina) u ishrani kokoši nosilja na tehnološke karakteristike kvaliteta jaja, boju žumanca, sastav masnih kiselina, sadržaj vitamina E i senzorsku ocenu jaja. S tim da je kao izvor prirodnih pigmenata korišćena optimalna kombinacija šargarepe i paprike iz prvog dela.

Rezultati su prikazani tabelarno ili grafički kao srednje vrednosti merenja sa standardnim devijacijama (SD) i statističkom značajnošću razlika između aritmetičkih sredina ($p < 0,05$).

5.1. Optimizacija boje žumanca

Rezultati hemijske analize smeša kojima su kokoši nosilje hranjene u prvom biološkom ogledu prikazane su u tabeli 5.1. Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da su sve smeše napravljene u skladu sa zahtevima propisanim Pravilnikom o kvalitetu hrane za životinje (Sl. glasnik RS 4/2010, 113/2012, 27/2014, 25/2015 i 39/2016). Razlike između ispitivanih tretmana za suvu materiju, sadržaj vlage, sadržaj proteina, sadržaj masti, sadržaj pepela i sadržaj celuloze nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.1.1. Prosečne vrednosti osnovnog hemijskog sastava smeša za ishranu kokoši nosilja kontrolnih i eksperimentalnih tretmana (%)

Sastav smeša	Suva materija	Sadržaj vlage	Sadržaj proteina	Sadržaj masti	Sadržaj pepela	Sadržaj celuloze
T1	89,64 ± 0,42	10,36 ± 0,13	16,29 ± 0,66	3,92 ± 0,21	11,10 ± 0,91	3,63 ± 0,22
T2	89,82 ± 0,39	10,18 ± 0,21	16,73 ± 0,54	3,95 ± 0,15	11,46 ± 0,54	3,70 ± 0,32
T3	90,01 ± 0,58	9,99 ± 0,69	16,61 ± 0,39	3,99 ± 0,19	12,19 ± 0,72	3,56 ± 0,11
T4	89,76 ± 0,12	10,24 ± 0,57	16,79 ± 0,88	3,83 ± 0,34	11,77 ± 0,83	3,98 ± 0,39
T5	89,75 ± 0,55	10,25 ± 0,42	16,37 ± 0,92	3,79 ± 0,22	10,92 ± 0,89	3,89 ± 0,33
T6	89,76 ± 0,70	10,24 ± 0,44	16,80 ± 0,51	4,14 ± 0,43	11,15 ± 1,10	3,82 ± 0,18
T7	89,84 ± 0,36	10,16 ± 0,38	16,67 ± 0,47	3,89 ± 0,17	11,41 ± 1,01	3,71 ± 0,55
T8	89,77 ± 0,42	10,23 ± 0,27	16,22 ± 0,68	4,11 ± 0,11	10,50 ± 1,32	3,83 ± 0,13
T9	89,69 ± 0,64	10,31 ± 0,33	16,70 ± 0,66	3,86 ± 0,28	11,17 ± 0,94	3,77 ± 0,31
T10	89,67 ± 0,35	10,33 ± 0,68	16,70 ± 0,74	4,02 ± 0,37	11,49 ± 0,81	3,86 ± 0,42
T11	89,75 ± 0,19	10,25 ± 0,11	16,30 ± 0,38	4,30 ± 0,44	10,97 ± 0,80	3,68 ± 0,24
T12	89,79 ± 0,22	10,21 ± 0,25	16,41 ± 0,34	4,24 ± 0,36	11,64 ± 1,03	4,06 ± 0,32

*Između vrednosti navedenih u istoj koloni ne postoji statistički značajna razlika $p > 0,05$

T1 – Kontrolni tretman bez dodatih pigmenata

T2 – Kontrolni tretman koji sadrži 0,005 % sintetičkog pigmenta–*carophyll red* i 0,001% sintetičkog pigmenta–*carophyll yellow*

T3 – T12 – Eksperimentalni tretmani sa prirodnim izvorima pigmenata

5.1.1. Tehnološke karakteristike kvaliteta jaja

Rezultati dobijeni ispitivanjem uticaja dodatka nevena, šargarepe i paprike u hranu za kokoši nosilje na tehnološke karakteristika jaja, odnosno masu celih jaja, masu žumanca, masu belanca i masu ljuske prikazani su u tabelama od 5.1.2. do 5.1.5.

Masa celih jaja

U tabeli 5.1.2. prikazane su prosečne vrednosti mase celih jaja merene nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana od dodatka prirodnih izvora pigmentata u ishranu kokoši nosilja. Iz prikazanih rezultata vidi se da se masa jaja 10. dana kretala u intervalu od 63,67 g (T9) do 70,66 g (T4), 15. dana u intervalu od 63,70 g (T7) do 70,30 g (T2), zatim 20. dana od 65,15 g (T7) do 71,23 g (T4), 25. dana od 65,99 g (T11) do 72,68 g (T2) i 30. dana od 64,73 g (T11) do 72,36 g (T3). Iz prikazanih rezultata uočavaju se razlike u masi jaja između ispitanih tretmana ali te razlike nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.1.2. Prosečne vrednosti mase celih jaja kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, g

Tretmani	Vreme				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
T1	64,90 ± 4,6	67,21 ± 7,4	66,46 ± 6,0	70,27 ± 4,5	68,39 ± 6,7
T2	66,28 ± 4,7	70,30 ± 6,0	70,85 ± 5,2	72,68 ± 6,1	68,42 ± 3,1
T3	65,82 ± 5,0	66,08 ± 5,8	69,78 ± 5,9	72,06 ± 5,9	72,36 ± 6,8
T4	70,66 ± 6,5	67,62 ± 5,4	71,23 ± 6,0	68,14 ± 4,5	70,26 ± 7,3
T5	66,65 ± 3,0	69,32 ± 8,3	67,19 ± 7,3	69,75 ± 7,6	67,39 ± 5,9
T6	68,12 ± 5,5	69,57 ± 4,8	69,01 ± 4,2	68,36 ± 4,7	69,56 ± 4,2
T7	68,41 ± 6,4	63,70 ± 6,4	65,15 ± 5,5	67,37 ± 7,0	65,72 ± 6,7
T8	67,69 ± 4,9	69,41 ± 3,3	69,60 ± 7,0	71,97 ± 5,7	67,55 ± 8,9
T9	63,67 ± 4,7	67,82 ± 6,5	68,09 ± 5,9	66,92 ± 3,7	66,29 ± 5,0
T10	67,03 ± 3,6	66,78 ± 4,3	66,70 ± 3,7	68,75 ± 3,1	68,11 ± 1,4
T11	64,74 ± 5,1	63,97 ± 4,1	66,49 ± 5,0	65,99 ± 4,4	64,73 ± 2,4
T12	66,28 ± 3,7	66,55 ± 4,3	68,02 ± 4,5	68,18 ± 6,7	68,98 ± 7,4

*Između vrednosti navedenih u istoj koloni ne postoji statistički značajna razlika $p > 0,05$

Masa žumanca

U tabeli 5.1.3. prikazane su prosečne vrednosti mase žumanaca merene nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana od dodatka prirodnih izvora pigmenata u ishranu kokoši nosilja. Iz prikazanih rezultata vidi se da se masa žumančeta 10. dana kretala u intervalu od 16,04 g (T11) do 17,46 g (T7), 15. dana u intervalu od 15,28 g (T4) do 17,72 g (T3), zatim 20. dana od 15,73 g (T5) do 18,18 g (T3), 25. dana od 16,67 g (T6) do 18,25 g (T12) i 30. dana od 15,91 g (T11) do 19,14 g (T3). Najmanja vrednost mase žumanaca izmerena je 15. dana u tretmanu T4 sa dodatkom 1% nevena i 0,5% šargarepe, a najveća 30. dana u tretmanu T3 sa dodatkom 1,5% nevena. Iz prikazanih rezultata uočavaju se promene u masi žumanaca od 10. do 30. dana u svim tretmanima, ali te promene nisu statistički značajne ($p>0,05$). Statistički značajne razlike u masi žumanaca između ispitanih tretmana nisu uočene ($p>0,05$).

Tabela 5.1.3. Prosečne vrednosti mase žumanca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, g

Tretmani	Vreme				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
T1	17,43 ± 1,9	17,23 ± 0,6	17,33 ± 1,4	18,02 ± 1,7	17,60 ± 2,2
T2	16,36 ± 0,7	17,70 ± 2,8	17,73 ± 1,3	17,62 ± 1,1	17,51 ± 1,6
T3	17,05 ± 1,2	17,72 ± 0,8	18,18 ± 1,5	17,99 ± 1,8	19,14 ± 3,0
T4	17,43 ± 0,8	15,28 ± 1,2	17,35 ± 1,3	17,33 ± 1,8	17,05 ± 2,2
T5	17,34 ± 1,9	16,96 ± 1,5	15,73 ± 1,8	17,45 ± 1,5	17,22 ± 2,7
T6	17,08 ± 1,6	17,51 ± 1,4	17,94 ± 0,2	16,67 ± 0,7	17,51 ± 0,6
T7	17,46 ± 1,1	17,05 ± 1,1	16,43 ± 1,7	17,54 ± 1,1	16,56 ± 0,6
T8	16,71 ± 1,1	17,24 ± 1,0	18,07 ± 2,5	17,45 ± 2,2	17,09 ± 2,5
T9	17,03 ± 1,2	17,66 ± 2,5	17,23 ± 2,1	16,77 ± 1,4	17,19 ± 2,1
T10	17,04 ± 1,8	17,21 ± 1,9	16,82 ± 1,7	17,14 ± 1,2	17,09 ± 0,7
T11	16,04 ± 1,6	15,84 ± 0,6	16,89 ± 1,1	16,80 ± 1,1	15,91 ± 1,5
T12	16,79 ± 2,7	17,09 ± 1,3	17,30 ± 2,0	18,25 ± 2,0	16,06 ± 1,3

*Između vrednosti navedenih u istoj koloni ne postoji statistički značajna razlika $p>0,05$

Masa belanca

U tabeli 5.1.4. prikazane su prosečne vrednosti mase belanaca merene nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana od dodatka prirodnih izvora pigmenata u ishranu kokoši nosilja. Kako se vidi iz prikazanih rezultata, masa belanaca 10. dana kretala se u intervalu od 39,37 g (T11) do 43,55 g (T6), 15. dana u intervalu od 39,34 g (T7) do 48,69 g (T5), zatim 20. dana od 39,32 g (T7) do 49,50 g (T2), 25. dana od 42,61 g (T7) do 49,09 g (T2) i 30. dana od 41,54 g (T11) do 48,92 g (T12). Najmanja vrednost mase belanaca bila je 10. dana u tretmanu T11 sa dodatkom 1% paprike i 0,5% šargarepe, a najveća 20. dana u kontrolnom tretmanu T2. Iz prikazanih rezultata uočavaju se promene u masi belanaca od 10. do 30. dana u svim tretmanima, ali te promene nisu statistički značajne ($p>0,05$). Statistički značajne razlike u masi belanaca između ispitanih tretmana nisu uočene ($p>0,05$).

Tabela 5.1.4. Prosečne vrednosti mase belanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, g

Tretmani	Vreme				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
T1	43,14 ± 3,2	45,43 ± 6,7	43,49 ± 5,3	45,06 ± 3,8	43,99 ± 4,2
T2	40,97 ± 3,9	47,15 ± 4,6	49,50 ± 1,6	49,09 ± 4,8	43,49 ± 1,7
T3	40,96 ± 4,4	43,17 ± 5,7	47,15 ± 5,2	48,16 ± 5,1	45,36 ± 3,9
T4	43,26 ± 4,6	43,09 ± 4,7	47,94 ± 5,5	45,69 ± 3,2	45,39 ± 6,0
T5	42,54 ± 1,2	48,69 ± 6,0	47,34 ± 7,5	48,28 ± 4,9	43,18 ± 4,5
T6	43,55 ± 5,0	45,42 ± 1,9	44,79 ± 2,8	45,99 ± 5,0	45,16 ± 3,0
T7	40,91 ± 4,4	39,34 ± 1,1	39,32 ± 4,5	42,61 ± 3,5	41,90 ± 5,3
T8	42,64 ± 5,2	45,10 ± 2,6	47,49 ± 3,5	47,94 ± 5,3	42,94 ± 7,1
T9	41,79 ± 2,8	44,94 ± 5,4	43,90 ± 4,4	44,79 ± 3,6	42,08 ± 3,8
T10	42,53 ± 2,7	41,70 ± 3,6	41,84 ± 3,9	45,50 ± 1,7	43,90 ± 1,3
T11	39,37 ± 3,3	41,81 ± 4,7	44,35 ± 3,7	44,82 ± 3,0	41,54 ± 3,5
T12	43,31 ± 1,3	43,78 ± 2,6	43,30 ± 3,5	47,22 ± 4,5	48,92 ± 2,9

*Između vrednosti navedenih u istoj koloni ne postoji statistički značajna razlika $p>0,05$

Masa ljuske

U tabeli 5.1.5. prikazane su prosečne vrednosti mase ljuske merene nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana od dodatka prirodnih izvora pigmentata u ishranu kokoši nosilja. Iz prikazanih rezultata vidi se da se masa ljuske 10. dana kretala u intervalu od 6,85 g (T6) do 7,89 g (T12), 15. dana u intervalu od 6,60 g (T7) do 7,83 g (T4), zatim 20. dana od 6,67 g (T7) do 8,19 g (T4), 25. dana od 6,91 g (T7) do 8,14 g (T3) i 30. dana od 6,80 g (T1) do 7,86 g (T3). Najmanja vrednost mase ljuske bila je 15. dana u tretmanu T7 sa dodatkom 1% paprike i 0,5% nevena, a najveća 20. dana u tretmanu T4 sa dodatkom 1% nevena i 0,5% šargarepe. Iz prikazanih rezultata uočavaju se promene u masi ljuske od 10. do 30. dana u svim tretmanima, ali te promene nisu statistički značajne ($p>0,05$). Statistički značajne razlike u masi ljuske između ispitanih tretmana nisu uočene ($p>0,05$).

Tabela 5.1.5. Prosečne vrednosti mase ljuske kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, g

Tretmani	Vreme				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
T1	7,41 ± 0,7	7,62 ± 1,2	7,03 ± 0,6	7,48 ± 0,6	6,80 ± 2,2
T2	6,91 ± 1,0	7,34 ± 0,6	7,23 ± 0,9	7,31 ± 0,4	7,42 ± 0,3
T3	7,29 ± 0,9	7,52 ± 0,9	7,95 ± 1,0	8,14 ± 1,2	7,86 ± 0,5
T4	7,62 ± 0,6	7,83 ± 0,9	8,19 ± 1,0	7,26 ± 1,0	7,82 ± 0,5
T5	6,87 ± 0,7	7,15 ± 1,0	7,06 ± 1,0	7,03 ± 1,4	6,99 ± 1,3
T6	6,85 ± 0,6	7,01 ± 1,0	7,31 ± 0,7	7,25 ± 0,5	6,89 ± 1,0
T7	7,38 ± 0,6	6,60 ± 0,5	6,67 ± 0,7	6,91 ± 0,5	7,25 ± 0,8
T8	7,31 ± 0,8	7,21 ± 1,0	7,81 ± 0,7	7,95 ± 0,7	7,52 ± 0,8
T9	7,48 ± 1,1	7,14 ± 0,7	7,65 ± 0,7	7,33 ± 0,5	7,02 ± 0,7
T10	7,39 ± 0,6	7,45 ± 0,8	7,56 ± 0,5	7,15 ± 0,3	7,13 ± 1,1
T11	6,92 ± 0,5	7,00 ± 0,7	6,82 ± 0,4	6,98 ± 0,8	7,29 ± 0,4
T12	7,89 ± 0,9	7,42 ± 0,9	7,17 ± 1,2	7,79 ± 0,6	7,34 ± 0,3

*Između vrednosti navedenih u istoj koloni ne postoji statistički značajna razlika $p>0,05$

5.1.2. Boja žumanca

Rezultati dobijeni ispitivanjem uticaja dodatka nevena, šargarepe i paprike u ishranu na promene boje žumanca prikazani su u tabelama od 5.1.6. do 5.1.10.

Boja žumanca prema Roche lepezi

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.1.6. se vidi da se 10. dana vrednost boje žumanaca merena prema Roche lepezi kretala u intervalu od 9,00 u žumancima iz tretmana T4 i T9 do 15,00 u žumancima iz tretmana T12. Vrednosti boje žumanaca prema Roche lepezi kod tretmana T7 i T12 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u poređenju sa vrednostima boje žumanaca ostalih tretmana, izuzev tretmana T2, T8, T10 i T11 sa kojima nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Vrednosti boje žumanaca prema Roche lepezi kod tretmana T1, T3, T4 T5 i T9 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) u poređenju sa vrednostima boje žumanaca svih ostalih tretmana.

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli se vidi da se 15. dana vrednost boje žumanaca prema Roche lepezi kretala u intervalu od 8,17 u žumancima iz tretmana T3 do 14,86 u žumancima iz tretmana T2. Vrednosti boje žumanaca prema Roche lepezi kod tretmana T2 i T12 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u poređenju sa bojom žumanaca ostalih tretmana, izuzev žumanaca iz tretmana T7 i T11 sa kojima nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Vrednosti boje žumanaca prema Roche lepezi kod tretmana T1, T3 i T4 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) u poređenju sa tim vrednostima svih ostalih tretmana izuzev tretmana T9 sa kojim nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Statistički značajne razlike u vrednostima boje žumanaca prema Roche lepezi između tretmana T6, T7, T8 i T10 nisu uočene ($p > 0,05$).

Nadalje, kako se vidi iz rezultata prikazanih u tabeli 5.1.6., 20. dana vrednosti boje žumanaca prema Roche lepezi su se kretale u intervalu od 7,57 u žumancima iz tretmana T9 do 14,83 u žumancima iz tretmana T2. Vrednosti boje žumanaca prema Roche lepezi kod tretmana T2, T7 i T12

bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u poređenju sa vrednostima boje žumanaca ostalih tretmana, izuzev tretmana T11 sa kojim nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Vrednosti boje žumanaca prema Roche lepezi bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) u žumancima iz tretmana T1, T4 i T9 u poređenju sa vrednostima boje žumanaca svih ostalih tretmana izuzev tretmana T3 sa kojim nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Statistički značajne razlike u vrednostima boje žumanaca prema Roche lepezi između tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene ($p > 0,05$).

Dalje, se iz rezultata prikazanih u tabeli 5.1.6. vidi da su 25. i 30. dana najmanje vrednost boje žumanaca prema Rocheovoj lepezi utvrđene u žumancima iz kontrolnog tretmana T1 (8,00 i 7,67), a najveće u žumancima iz kontrolnog tretmana T12 (15,00 i 14,71), respektivno. Prosečne vrednosti boje žumanaca 25. i 30. dana postignute u žumancima iz tretmana T2 i T12 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od vrednosti boje žumanaca postignutih u svim ostalim tretmanima (izuzev tretmana T7 i T11), dok su vrednosti boje žumanca postignute u tretmanima T1, T3, T4, T5 i T9 bile statistički značajno manje ($p < 0,05$) od vrednosti boje žumanaca postignutih u svim ostalim tretmanima.

Vrednost boje žumanca koja su bile cilj ove doktorske disertacije postignuta je u tri tretmana T6, T8 i T10. Vrednost boje žumanaca u ovim tretmanima nije se statistički značajno ($p > 0,05$) menjala od 10. do 30. dana, kada je postignuta vrednost za T6 bila 12,56, za T8 13,38 i za T10 12,57.

Razlike vrednosti boje žumanca prema Roche lepezi između tretmana T6 i T10 kao i između tretmana T8 i T10 nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.1.6. Prosečne vrednosti boje žumanca prema Roche lepezi kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Dani/tretmani		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
10	SV	10,00	13,50	10,29	9,00	10,33	12,71	14,63	13,17	9,00	13,00	14,50	15,00
	SD	±1,10	± 0,53	± 2,06	± 0,63	± 1,58	± 1,11	± 0,52	± 0,75	± 1,00	± 0,63	± 0,55	± 0,00
15	SV	8,29	14,86	8,17	8,44	10,29	12,71	14,13	13,14	8,80	12,89	14,50	14,83
	SD	± 0,76	± 0,38	± 0,41	± 0,88	± 1,38	± 0,95	± 0,64	± 0,90	± 1,55	± 0,78	± 0,55	± 0,41
20	SV	7,89	14,83	8,25	7,80	9,50	12,22	14,20	12,86	7,57	12,67	14,13	14,75
	SD	± 0,60	± 0,41	± 0,71	± 0,63	± 1,58	± 0,67	± 0,63	± 0,69	± 0,53	± 0,71	± 0,64	± 0,46
25	SV	8,00	14,56	8,40	8,25	8,63	13,00	14,13	12,75	8,33	12,57	14,63	15,00
	SD	± 0,58	± 0,53	± 0,55	± 0,46	± 0,92	± 1,07	± 0,99	± 1,08	± 1,03	± 0,79	± 0,52	± 0,00
30	SV	7,67	14,63	8,60	8,17	8,25	12,56	14,57	13,38	8,67	12,57	14,33	14,71
	SD	± 0,52	± 0,52	± 0,55	± 0,41	± 0,71	± 1,01	± 0,53	± 0,92	± 0,82	± 0,53	± 0,52	± 0,49
Uticaj vrste tretmana i vremena uzorkovanja na boju žumanca													
10	tretman	b	ac	b	b	b	c	a	ac	b	ac	ac	a
	dan	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A
15	tretman	a	e	a	a	f	b	bcde	bcd	af	bc	cde	de
	dan	A	A	A	AB	AB	A	A	A	A	A	A	A
20	tretman	a	b	ad	a	d	c	b	ce	a	c	be	b
	dan	A	A	A	A	AB	A	A	A	A	A	A	A
25	tretman	a	c	a	a	a	b	bc	b	a	b	c	c
	dan	A	A	A	AB	AB	A	A	A	A	A	A	A
30	tretman	a	b	a	a	a	c	b	de	a	cd	be	b
	dan	A	A	AB	AB	A	A	A	A	A	A	A	A

^{a-c} - vrednosti u istom redu označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana na nivou $p < 0,05$, ^{A-B} - vrednosti u istoj koloni označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana, na nivou $p < 0,05$.

Sadržaj β - karotena u žumancu

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.1.7. se vidi da se 10. dana sadržaj β - karotena kretao u intervalu od 26,53 $\mu\text{g/g}$ u žumancima iz tretmana T1 do 48,83 $\mu\text{g/g}$ u žumancima iz tretmana T12. Sadržaj β - karotena je bio statistički značajno veći ($p < 0,05$) u žumancima iz tretmana T11 i T12 u poređenju sa žumancima iz svih ostalih tretmana. Statistički značajne razlike u sadržaju β - karotena u žumancima nisu uočene ($p > 0,05$) između tretmana T4, T5 i T9, između tretmanima T7 i T8, kao ni između tretmana T2 i T10. Sadržaj β - karotena u žumancima iz tretmana T3 bio je statistički značajno različit ($p < 0,05$) od sadržaja β - karotena u žumancima kod svih ostalih tretmana, izuzev žumanaca iz tretmana T5 sa kojim nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$).

Kako se vidi iz rezultata prikazanih u istoj tabeli 15. dana sadržaj β - karotena kretao se u intervalu od 27,66 $\mu\text{g/g}$ u žumancima iz tretmana T1 do 48,49 $\mu\text{g/g}$ u žumancima iz tretmana T12. Statistički značajno veće ($p < 0,05$) vrednosti sadržaja β - karotena postignute su u žumancima iz tretmana T2, T11 i T12 u poređenju sa svim ostalim tretmanima, stim da su i razlike u sadržaju β - karotena u žumancima između tretmana T2 i T12 bile statistički značajno različite ($p < 0,05$). Razlike u sadržaju β - karotena u žumancima između tretmana T5, T6, T7 i T10 nisu statistički značajne ($p > 0,05$), ali se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$) od sadržaja β - karotena u žumancima kod ostalih tretmana. Sadržaj β - karotena u žumancima iz tretmana T3 i T4 bio je statistički značajno različit ($p < 0,05$) od sadržaja β - karotena u žumancima kod svih ostalih tretmana (izuzev T1 koji se nije razlikovao od T3). Sadržaj β - karotena u žumancima iz tretmana T8 bio je statistički značajno različit ($p < 0,05$) od sadržaja β - karotena u žumancima kod svih ostalih tretmana, takođe i sadržaj β - karotena u žumancima iz tretmana T9 bio je statistički značajno različit ($p < 0,05$) od sadržaja β - karotena u žumancima kod svih ostalih tretmana.

Sadržaj β - karotena u žumancima 20. dana, kako se vidi iz rezultata prikazanih u tabeli 5.1.7. kretao se u intervalu od 24,44 $\mu\text{g/g}$ (T9) do 48,34 $\mu\text{g/g}$ (T12). Vrednost sadržaja β - karotena u žumancima se

nije statistički značajno razlikovala ($p>0,05$) između tretmana T1 i T4, T2 i T12, T3 i T4, T5 i T6, T5 i T10 kao i između tretmana T7 i T11, dok je između ostalih tretmana utvrđena statistički značajna razlika ($p<0,05$).

Tabela 5.1.7. Prosečne vrednosti sadržaja β - karotena u žumancu kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, $\mu\text{g/g}$

Tretman	Vreme				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
T1	26,53 ± 0,3 ^g	27,66 ± 0,2 ^b	28,18 ± 0,5 ^a	25,39 ± 0,5 ^b	23,17 ± 0,2 ^c
T2	37,42 ± 0,8 ^c	46,21 ± 1,3 ^d	46,93 ± 0,7 ^f	45,92 ± 0,9 ^e	42,24 ± 0,7 ^b
T3	32,62 ± 0,1 ^b	28,17 ± 0,4 ^{bc}	30,64 ± 0,8 ^b	27,42 ± 0,4 ^{ab}	31,67 ± 0,6 ^a
T4	30,32 ± 0,5 ^a	29,92 ± 0,5 ^c	29,41 ± 0,4 ^{ab}	27,63 ± 0,4 ^a	25,07 ± 0,2 ^{cd}
T5	31,32 ± 0,3 ^{ab}	35,60 ± 0,8 ^a	35,25 ± 0,4 ^{cd}	32,05 ± 0,6 ^c	28,10 ± 0,5 ^e
T6	39,40 ± 0,2 ^d	36,64 ± 0,2 ^a	33,51 ± 0,6 ^c	38,87 ± 0,7 ^d	31,93 ± 0,5 ^a
T7	41,34 ± 0,3 ^e	36,01 ± 0,5 ^a	41,56 ± 0,7 ^e	41,12 ± 0,5 ^f	39,59 ± 0,7 ^f
T8	40,63 ± 0,6 ^{de}	43,85 ± 0,3 ^g	37,93 ± 0,6 ^h	38,26 ± 0,6 ^d	42,97 ± 0,4 ^b
T9	30,43 ± 0,7 ^a	33,23 ± 0,6 ^f	24,44 ± 0,4 ^g	28,39 ± 0,3 ^a	26,92 ± 0,4 ^{de}
T10	37,11 ± 0,4 ^c	37,54 ± 0,6 ^a	35,82 ± 0,1 ^d	33,05 ± 0,6 ^c	30,77 ± 0,2 ^a
T11	47,55 ± 0,9 ^f	47,89 ± 0,9 ^{de}	41,43 ± 0,6 ^e	47,49 ± 0,7 ^e	43,18 ± 0,4 ^b
T12	48,83 ± 1,1 ^f	48,49 ± 0,2 ^e	48,34 ± 0,5 ^f	50,95 ± 0,6 ^g	47,97 ± 0,2 ^g

Vrednosti u istoj koloni označene različitom slovnim oznakom se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p<0,05$

Nadalje, kako se vidi iz rezultata prikazanih u istoj tabeli, 25. dana sadržaj β - karotena u žumancima kretao se u intervalu od 25,39 $\mu\text{g/g}$ (T1) do 50,95 $\mu\text{g/g}$ (T12). Najviša vrednost sadržaja β - karotena utvrđena u žumancima iz tretmana T12 bila je statistički značajno veća ($p<0,05$) od ove vrednosti utvrđene u žumancima iz svih ostalih tretmana. Visok sadržaj β - karotena utvrđen je i u žumancima iz tretmana T2 i T11 i

statistički značajno se razlikovao ($p < 0,05$) od ove vrednosti utvrđene u žumancima iz svih ostalih tretmana. Sadržaj β -karotena u žumancima između tretmana T3, T4 i T9; između tretmana T5 i T10, kao i između tretmana T6 i T8 nije se statistički značajno razlikovao ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.1.7. se vidi da se 30. dana sadržaj β -karotena u žumancima kretao u intervalu od 23,17 $\mu\text{g/g}$ (T1) do 47,97 $\mu\text{g/g}$ (T12). Najveći sadržaj β -karotena izmeren u žumancima iz tretmana T12 statistički značajno se razlikovao ($p < 0,05$) od sadržaja β -karotena u žumancima iz svih ostalih tretmana. Takođe, visok sadržaj β -karotena utvrđen je u žumancima iz tretmana T2, T8 i T11 i statistički značajno se razlikovao ($p < 0,05$) od ove vrednosti utvrđene u žumancima iz svih ostalih tretmana. Vrednost sadržaja β -karotena u žumancima se nije statistički značajno razlikovala ($p > 0,05$) između tretmana T1 i T4; između tretmana T3, T6 i T10; između tretmana T4 i T9 kao ni između tretmana T5 i T9.

Boja žumanca izražena u CIELab sistemu

Na graficima od 1 – 3 i u prilogu P1 u tabelama od 1- 9 prikazane su promene instrumentalnih pokazatelja boje žumanaca tokom 30 dana ishrane kokoši nosilja sa nevenom, šargarepom i paprikom. Promene pokazatelja boje iskazane su u CIEL*a*b* sistemu. Pokazatelji vrednosti svetloće boje (L^*), udela crvene/zelene (a^*) i žute/plave boje (b^*) označeni su kao:

- L_1^* , a_1^* i b_1^* - boja žumanca u celom jajetu (belance i žumance zajedno)
- L_2^* , a_2^* i b_2^* - boja žumanca sa vitelinskom membranom bez belanca
- L_3^* , a_3^* i b_3^* - boja žumanca bez vitelinske membrane

Vrednosti svetloće boje žumanca L_1^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-1 vidi se da su se prosečne vrednosti svetloće boje (L_1^*) utvrđene za žumanca u celom jajetu kretale u intervalu od 43,56 (T12) do 50,28 (T4) 10. dana; od 43,98 (T2) do 52,96 (T3) 15. dana; od 46,42 (T12) do 53,66 (T9) 20. dana; od 44,61 (T12) do

53,60 (T4) 25. dana i od 45,55 (T12) do 52,35 (T4) 30. dana ishrane kokoši nosilja.

Kao što se vidi iz rezultata prikazanih na grafiku 1. i u tabeli P1-1 vrednosti svetloće boje žumanca 10. dana hranjenja kokoši nosilja bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) kod tretmana T1, T4 i T5 u poređenju sa tretmanima T2, T7, T11 i T12. Ostale razlike vrednosti svetloće boje žumanaca (L_I^*) između ispitanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u istoj tabeli vrednosti L_I^* 15. dana hranjenja kokoši nosilja bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa žumancima iz tretmana T2, T7, T8, T10, T11 i T12. Vrednosti L_I^* žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu se statistički značajno razlikovale između sebe ($p > 0,05$), ali su se ove vrednosti statistički značajno razlikovale ($p < 0,05$) od vrednost L_I^* žumanaca iz tretmana T2.

Dalje, 20. dana hranjenja kokoši nosilja vrednosti L_I^* bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa žumancima iz tretmana T2, T7, T11 i T12, osim između tretmana T5 i T7 gde nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$). Takođe, ni između žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nije bilo statistički značajnih razlika ($p > 0,05$), dok su se žumanca iz tretmana T10 statistički značajno razlikovala ($p < 0,05$) od žumanaca iz tretmana T3, T4 i T9.

Nadalje, kao što je prikazano na istom grafiku i u istoj tabeli 25. dana vrednosti L_I^* bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa žumancima iz tretmana T2, T7, T11 i T12. Između žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nema statistički značajnih razlika ($p > 0,05$). Statistički značajno se razlikuju ($p < 0,05$) vrednosti L_I^* žumanaca iz tretmana T10 sa žumancima iz tretmana T12, kao i vrednosti L_I^* između žumanaca iz tretmana T6 sa žumancima iz tretmana T4, T5 i T9.

Iz istih rezultata vidi se da su se 30. dana prosečne vrednosti L_I^* postignute u žumancima iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 statistički

značajno razlikovale ($p < 0,05$) od vrednosti postignutih u žumancima iz tretmana T2, T7, T8, T11 i T12, osim između tretmana T3, T7, T8 i T9, između tretmana T1 i T7, kao i između tretmana T3 i T12. Ostale razlike vrednosti L_1^* u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-1 vidi se da je u okviru istog tretmana uticaj dana bio statistički značajan kod žumanaca iz tretmana T2, T3, T4, T6, T7, T8 i T9. Kod žumanaca iz tretmana T2 vrednost utvrđena 15. dana bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđene 20. dana. Vrednosti L_1^* utvrđene 15. dana u žumancima iz tretmanima T3, T4, T6 i T9 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti utvrđene 10. dana. Vrednosti L_1^* utvrđene 20. dana u žumancima iz tretmana T6 i T8 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti utvrđene 25. dana u žumancima iz tretmana T6 i 30. dana u žumancima iz tretmana T8.

Vrednosti svetloće boje žumanca L_2^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-2 vidi se da su se prosečne vrednosti svetloće boje žumanaca (L_2^*) kretale u intervalu od 45,08 (T7) do 52,92 (T4) 10. dana; od 45,93 (T2) do 55,10 (T4) 15. dana; od 47,53 (T2) do 56,10 (T9) 20. dana; od 45,04 (T12) do 54,96 (T4) 25. dana i od 46,64 (T12) do 53,93 (T4) 30. dana ishrane kokoši nosilja.

Kako se vidi iz rezultata prikazanih na grafiku 1. i u tabeli P1-1 vrednosti L_2^* 10. dana hranjenja kokoši nosilja bile su statistički značajno niže ($p < 0,05$) u žumancima iz tretmana T2, T7, T11 i T12 u odnosu na žumanca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9, dok se od žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$).

Dalje, vrednost L_2^* 15. dana bila je najniža u žumancima iz tretmana T2 i statistički značajno ($p < 0,05$) se razlikovala od vrednosti žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T7, T11 i T12 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika. Najveće vrednosti L_2^* utvrđene u žumancima iz tretmana T3, T4 i T9 statistički značajno su se razlikovale ($p < 0,05$) od istih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih

tretmana, osim tretmana T1 i T5 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Takođe, ni između vrednosti L_2^* utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Nadalje, iz rezultata prikazanih na istom grafiku i tabeli najniža vrednosti L_2^* 20. dana utvrđena je kod žumanaca iz tretmana T2 i statistički značajno ($p < 0,05$) se razlikovala od istih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T7, T10, T11 i T12 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Prosečna vrednost L_2^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana T9 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) u odnosu na ovu vrednost utvrđenu u žumancima kod svih ostalih tretmana, osim tretmana T1, T3, T4, T5 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Takođe, ni između vrednosti L_2^* utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih na istom grafiku i tabeli najniža vrednosti L_2^* 25. dana utvrđena je kod žumanaca iz tretmana T12 i statistički značajno ($p < 0,05$) se razlikovala od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana osim tretmana T2, T6, T7 i T11 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Najveća vrednost L_2^* utvrđena je kod žumanaca iz tretmana T4 i statistički značajno se razlikovala ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T1, T3, T5, T8 i T9 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Takođe, ni između vrednosti L_2^* utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Dalje, iz rezultata prikazanih na istom grafiku i tabeli najniža vrednosti L_2^* 30. dana utvrđena je kod žumanaca iz tretmana T12 i statistički značajno ($p < 0,05$) se razlikovala od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T2, T7, T8 i T11 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Najveće vrednosti L_2^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T4 i T5 statistički značajno ($p < 0,05$) su se razlikovale od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima gore navedenih tretmana, dok sa žumancima iz tretmana T1, T3, T6, T9 i T10

nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$). Takođe, ni između vrednosti L_2^* utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-2 vidi se da je u okviru istog tretmana uticaj dana bio statistički značajan kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T6, T7, T8 i T9. Vrednosti L_2^* utvrđene 20. dana u žumancima iz tretmana T1, T6, T7, T8 i T9 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u odnosu na iste vrednosti utvrđene 10. dana. Vrednosti L_2^* utvrđene 15. dana u žumancima iz tretmana T3, T4 i T9 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u odnosu na iste vrednosti utvrđene 10. dana. Takođe, u žumancima iz tretmana T6 vrednost utvrđena 25. dana bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih 20. i 30. dana, dok je vrednost utvrđena kod žumanaca iz tretmana T8 25. dana bila statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđene 10. dana.

Vrednosti svetloće boje žumanceta L_3^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-3 vidi se da su se prosečne vrednosti svetloće boje žumanaca (L_3^*) kretale u intervalu od 39,75 (T12) do 49,10 (T4) 10. dana; od 41,15 (T2) do 51,76 (T4) 15. dana; od 42,10 (T12) do 51,28 (T4) 20. dana; od 40,73 (T12) do 51,81 (T4) 25. dana i od 42,20 (T12) do 50,10 (T4) 30. dana ishrane kokoši nosilja.

Kako se vidi iz rezultata prikazanih na grafiku 1. i u tabeli P1-1 najniže vrednosti L_2^* 10. dana utvrđene kod žumanaca iz tretmana T7, T11 i T12 bile su statistički značajno različite ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T2, T6, T8 i T10 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika. Najveće vrednosti L_2^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T4, T5 i T9 statistički značajno su se razlikovale ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T1, T3, T6 i T10 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Između vrednosti L_3^* utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

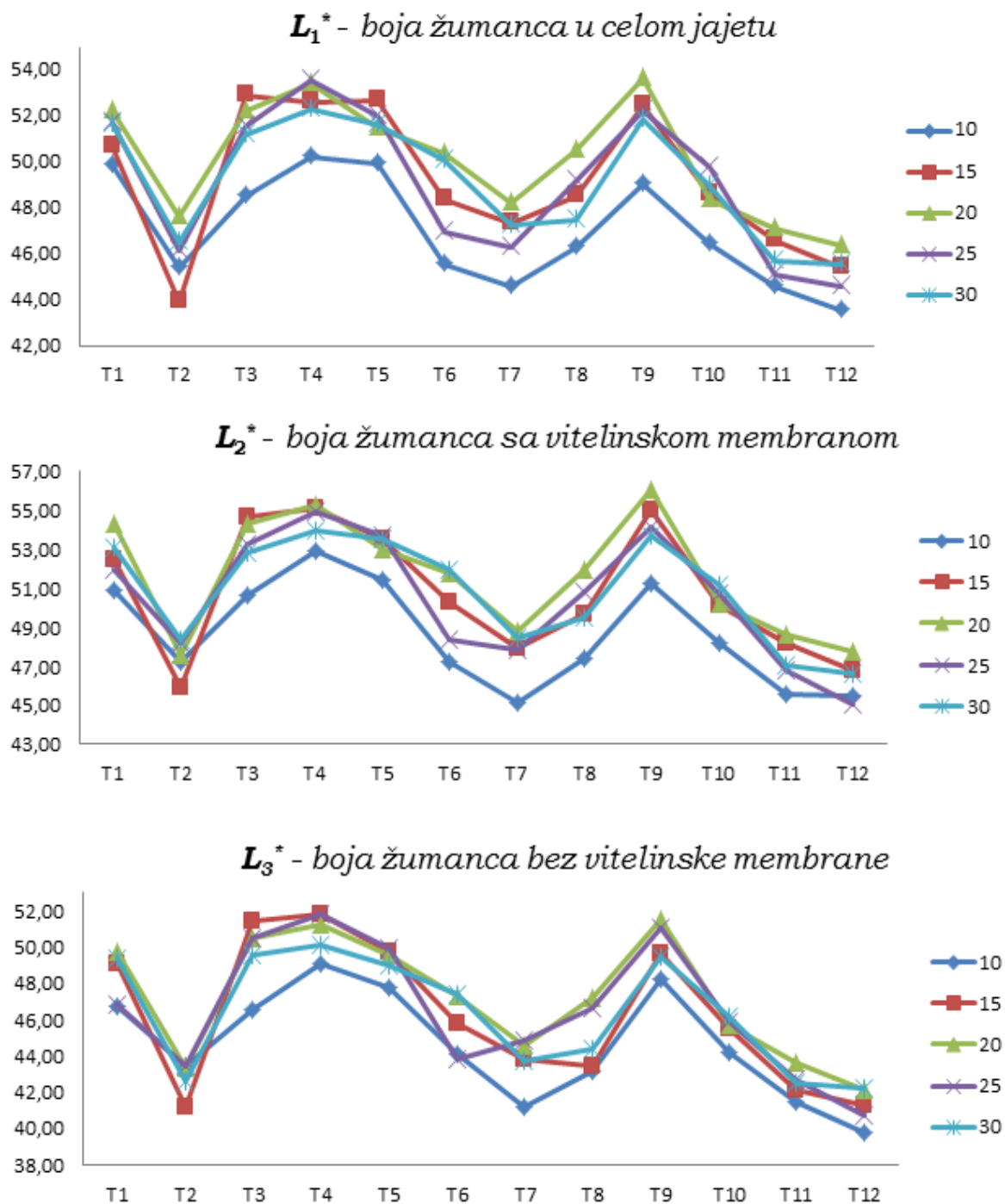
Dalje, kako se vidi iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u tabeli najniže vrednosti L_3^* 15. dana utvrđene kod žumanaca iz tretmana T2, T11 i T12 bile su statistički značajno različite ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T6, T7, T8 i T10 sa kojima nisu uočene statistički značajne razlike. Najveće vrednosti L_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T3, T4 i T9 statistički značajno su se razlikovale ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana osim tretmana T1 i T5 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Između vrednosti L_3^* utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Dalje, iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u tabeli 20. dana, najniža vrednosti L_3^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana T12 bila je statistički značajno različita ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T2, T7, T8, T10 i T11 sa kojima nisu uočene statistički značajne razlike. Vrednosti L_3^* bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T4 i T9 u poređenju sa žumancima iz tretmanima T2, T7, T8, T10, T11 i T12, ali se statistički značajno ne razlikuju ($p < 0,05$) od žumanaca iz tretmana T1, T3, T5 i T6. Za vrednost L_3^* kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Kako se vidi iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u tabeli, 25. dana, najniža vrednost L_3^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana T12 bila je statistički značajno različita ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T1, T2, T6, T7 i T11 sa kojima nisu uočene statistički značajne razlike. Najveća vrednost L_3^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana T4 bila je statistički značajno različita ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim od tretmana T1, T3, T5, T8 i T9 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Između vrednosti L_3^* utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Dalje, kako se vidi iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u tabeli najniže vrednosti L_3^* 30. dana utvrđene kod žumanaca iz tretmana T2, T11 i T12 bile su statistički značajno različite ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T6, T7 i T8 sa kojima nisu uočene statistički značajne razlike. Najveća vrednost L_3^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana T4 bila je statistički značajno različita ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim od tretmana T1, T3, T5, T6 i T9 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Između vrednosti L_3^* utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-3 vidi se da je u okviru istog tretmana uticaj dana bio statistički značajan kod žumanaca iz tretmana T3, T4, T6 i T7. Vrednosti L_3^* utvrđene 10. dana kod žumanaca iz tretmana T3 i T4 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti utvrđene 15. i 20. dana. Vrednost L_3^* utvrđena 20. dana kod žumanaca iz tretmana T6 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) u odnosu na vrednost utvrđenu 25. dana. Kod žumanaca iz tretmana T7 vrednost L_3^* utvrđena 10. dana bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih 20., 25. i 30. dana.



Grafik 1. Boja žumanca izražena preko L^* - koordinate svetloće boje

Vrednosti na grafiku od T1 do T12 predstavljaju oznake za tretmane gde je: T1 – kontrolni tretman bez dodatih pigmentata; T2 – kontrolni tretman koji sadrži 0,005 % sintetičkog pigmenta–*carophyll red* i 0,001% sintetičkog pigmenta–*carophyll yellow* i T3 – T12 – eksperimentalni tretmani sa prirodnim izvorima pigmentata (nevena, šargarepe i paprike)

Vrednosti udela crvene boje žumanca a_1^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-4 vidi se da su se prosečne vrednosti udela crvene boje (a_1^*) utvrđene za žumanca u celom jajetu kretale u intervalu od 1,58 (T4) do 15,44 (T12) 10. dana; od 0,60 (T3) do 16,26 (T12) 15. dana; -0,14 (T9) do 15,55 (T12) 20. dana; od 0,24 (T4) do 16,70 (T12) 25. dana i od -0,79 (T1) do 17,66 (T12) 30. dana ishrane kokoši nosilja.

Kao što se vidi iz rezultata prikazanih na grafiku 2. i u tabeli P1-4 vrednosti udela crvene boje 10. dana ishrane kokoši nosilja bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Vrednosti a_1^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T7 i T12 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim tretmana T2 i T11 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Takođe, vrednosti a_1^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 statistički značajno su se razlikovale ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim između tretmana T2 i T10. Ostale razlike vrednosti udela crvene boje žumanaca između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da su 15. dana vrednosti a_1^* bile statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Takođe, vrednost udela crvene boje bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T12 u poređenju sa vrednostima udela crvene boje žumanaca svih ostalih tretmana, osim tretmana T2 i T11 gde razlike u vrednosti a_1^* nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$). Za vrednosti a_1^* kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Kao što je prikazano na grafiku 2. i u tabeli P1-4 vidi se da su 20. i 25. dana vrednosti a_1^* bile statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa tim vrednostima

žumanaca svih ostalih tretmana. Vrednost udela crvene boje žumanaca bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T2, T7, T11 i T12 u poređenju sa vrednostima udela crvene boje žumanaca svih ostalih tretmana. Vrednosti a_I^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 bile su statistički značajno različite ($p < 0,05$) od tih vrednosti kod svih ostalih tretmana.

Dalje, iz prikazanih rezultata na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da su 30. dana vrednosti a_I^* bile statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa vrednostima udela crvene boje žumanaca svih ostalih tretmana. Vrednost udela crvene boje žumanaca bila je statistički značajno najveća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T12 u poređenju sa vrednostima udela crvene boje žumanaca svih ostalih tretmana. Vrednosti a_I^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T6 i T10 bile su statistički značajno različite ($p < 0,05$) od ovih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim između vrednosti a_I^* žumanaca iz tretmana T8 i T10 gde nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-4 vidi se da je u okviru istog tretmana uticaj dana bio statistički značajan kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5, T7 i T10. Vrednost a_I^* utvrđena 10. dana kod žumanaca iz tretmana T1 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih svih ostalih dana osim 15. dana, dok su vrednosti postignute 15. i 20. dana bile statistički značajno veće ($p < 0,05$) u odnosu na vrednost utvrđenu 30. dana. Vrednost a_I^* utvrđena 10. dana kod žumanaca iz tretmana T3 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti boje žumanaca utvrđene svih ostalih dana osim 30. dana. Vrednosti a_I^* utvrđene 10. dana kod žumanaca iz tretmana T4 i T5 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti utvrđene 25. i 30. dana. Vrednost a_I^* utvrđena 20. dana kod žumanca iz tretmana T7 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) u odnosu na vrednost utvrđenu 30. dana, dok je vrednost a_I^* utvrđena kod žumanca iz tretmana T10 15. dana bila statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih 25. i 30. dana.

Vrednosti udela crvene boje žumanca a_2^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-5 vidi se da su se prosečne vrednosti udela crvene boje (a_2^*) utvrđene za žumanca sa vitelinskom membranom kretale u intervalu od 1,84 (T4) do 15,70 (T12) 10. dana; od 0,76 (T3) do 17,22 (T12) 15. dana; od 0,03 (T9) do 17,12 (T12) 20. dana; od 0,40 (T1 i T4) do 17,01 (T12) 25. dana i od -0,71 (T1) do 18,59 (T12) 30. dana ishrane kokoši nosilja.

Prosečne vrednosti udela crvene boje (a_2^*) 10. dana ishrane kokoši nosilja bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa tim vrednostima utvrđenim kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Prosečna vrednost a_2^* bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T12 u poređenju sa tim vrednostima utvrđenim kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana T2, T7 i T11 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Takođe, vrednosti a_2^* kod žumanaca iz tretmana T6 i T10 statistički su se značajno razlikovale ($p < 0,05$) od vrednosti a_2^* kod žumanaca iz svih ostalih tretmana (izuzev tretmana T2 i T8).

Iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da su 15. dana vrednosti a_2^* bile statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa tim vrednostima utvrđenim kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Takođe, vrednost a_2^* bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T12 u poređenju sa tim vrednostima utvrđenim kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana T2 i T11 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Vrednosti udela crvene boje nisu bile statistički značajno različite ($p > 0,05$) između žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10.

Kao što je prikazano na grafiku 2. i u tabeli P1-5 vidi se da su 20. i 25. dana vrednosti a_2^* bile statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa tim vrednostima utvrđenim kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Vrednost udela crvene

boje žumanaca bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T2, T7, T11 i T12 u poređenju sa tim vrednostima utvrđenim kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Vrednosti a_2^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 bile su statistički značajno različite ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana.

Dalje, iz prikazanih rezultata na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da su 30. dana vrednosti a_2^* bile statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa tim vrednostima utvrđenim kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Vrednost udela crvene boje žumanaca bila je statistički značajno najveća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T12 u poređenju sa tim vrednostima utvrđenim kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana T11 sa kojim nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Vrednosti a_2^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T6 i T10 bile su statistički značajno različite ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim između vrednosti a_2^* utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T8 i T10 gde nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-5 vidi se da je u okviru istog tretmana uticaj dana bio statistički značajan kod žumanaca iz tretmana T1, T2, T3, T4 i T5. Vrednost a_2^* utvrđena 10. dana u žumancima iz tretmana T1 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih svih ostalih dana, osim 15. dana, dok su vrednosti utvrđene 15. i 20. dana bile statistički značajno veće ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih 30. dana. Vrednosti a_2^* utvrđene 20. dana u žumancima iz tretmana T2 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti utvrđene 30. dana. Vrednosti a_2^* utvrđene 10. dana u žumancima iz tretmana T3 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih svih ostalih dana. Vrednosti a_2^* utvrđene 10. dana u žumancima iz tretmana T4 i T5 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti utvrđene 25. i 30. dana, takođe i vrednosti a_2^* utvrđene u žumancima iz tretmana T4 15. dana bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti utvrđene 30. dana.

Vrednosti udela crvene boje žumanca a_3^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-6 vidi se da su se prosečne vrednosti udela crvene boje (a_3^*) utvrđene za žumanca bez vitelinske membrane kretale u intervalu od 4,30 (T4) do 19,95 (T12) 10. dana; od 1,55 (T3) do 21,25 (T12) 15. dana; od 1,48 (T9) do 21,10 (T12) 20. dana; od 1,44 (T3) do 20,90 (T12) 25. dana i od 0,81 (T1) do 22,30 (T12) 30. dana ishrane kokoši nosilja.

Kao što se vidi iz rezultata prikazanih na grafiku 2. i u tabeli P1-6 vrednosti a_3^* žumanaca bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa vrednostima a_3^* kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim između žumanaca iz tretmana T3 i T6. Vrednost a_3^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana T12 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od tih vrednosti kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana T2, T7, T8 i T11 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Takođe, vrednosti a_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T2, T6, T8 i T10 nisu se statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da je 15. dana vrednost a_3^* bile statistički značajno najmanja ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T3 u poređenju sa tim vrednostima kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana T1, T4 i T9 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Takođe, vrednost a_3^* bila je statistički značajno najveća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T12 u poređenju sa tim vrednostima kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana T2, T7 i T11 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Vrednosti a_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 nisu bile statistički značajno različite ($p > 0,05$).

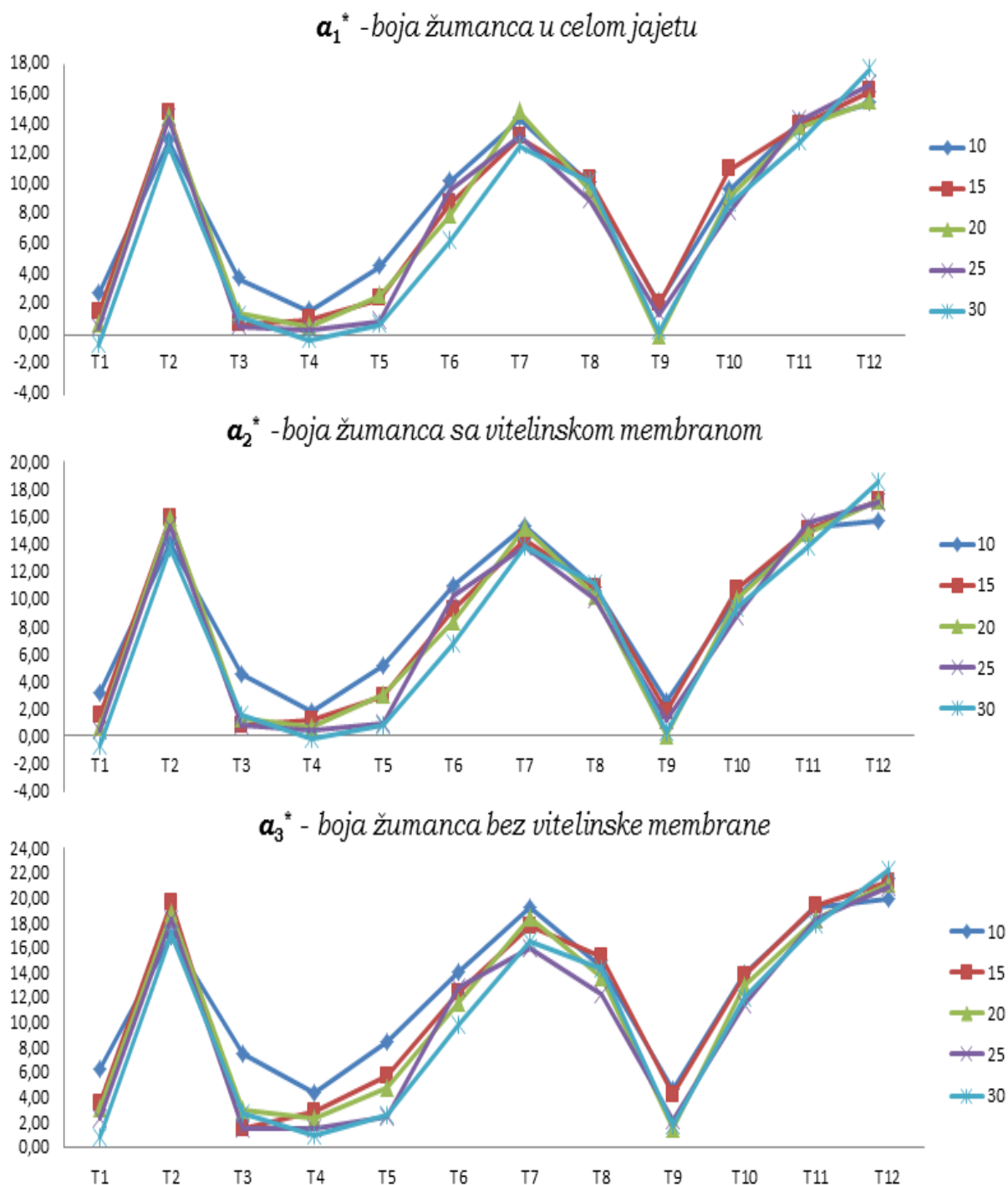
Kao što je prikazano na grafiku 2. i u tabeli P1-6 vidi se da su 20. i 25. dana vrednosti a_3^* bile statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa tim vrednostima kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Vrednost udela crvene boje bila je

statistički značajno veća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T2 i T12 u poređenju sa vrednostima udela crvene boje kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana T7 i T11 sa kojima nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Vrednosti a_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T6 i T10 bile su statistički značajno različite ($p < 0,05$) od tih vrednosti kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana T8 sa kojim nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$).

Dalje, iz prikazanih rezultata na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da su 30. dana vrednosti a_3^* bile statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 u poređenju sa tim vrednostima kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Vrednost udela crvene boje bila je statistički značajno najveća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T12 u poređenju sa tim vrednostima kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Vrednosti a_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T2, T7 i T11 nisu bile statistički značajno različite ($p > 0,05$). Vrednosti a_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T6 i T10 bile su statistički značajno različite ($p < 0,05$) od tih vrednosti kod žumanaca iz svih ostalih tretmana.

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-6 vidi se da je u okviru istog tretmana uticaj dana bio statistički značajan kod žumanaca iz tretmana T1, T2, T3, T4 i T5. Vrednost a_3^* utvrđena 10. dana kod žumanaca iz tretmana T1 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih svih ostalih dana osim 15. dana, takođe u istom tretmanu vrednost a_3^* postignuta 15. dana bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđene 30. dana. Vrednost a_3^* utvrđena 15. dana kod žumanaca iz tretmana T2 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđene 10. i 30. dana. Vrednost a_3^* utvrđena 10. dana kod žumanaca iz tretmana T3 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih svih ostalih dana. Vrednost a_3^* utvrđena 10. dana kod žumanaca iz tretmana T4 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih 20., 25. i 30. dana, takođe u istom tretmanu vrednost a_3^* utvrđena 15. dana bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđene 30. dana. Vrednost a_3^* utvrđena 10. dana kod

žumanaca iz tretmana T5 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih 25. i 30. dana.



Grafik 2. Boja žumanca izražena preko a^* - crveno-zelene koordinate

Vrednosti na grafiku od T1 do T12 predstavljaju oznake za tretmane gde je: T1 – kontrolni tretman bez dodatih pigmentata; T2 – kontrolni tretman koji sadrži 0,005 % sintetičkog pigmenta–*carophyll red* i 0,001% sintetičkog pigmenta–*carophyll yellow* i T3 – T12 – eksperimentalni tretmani sa prirodnim izvorima pigmentata (nevena, šargarepe i paprike)

Vrednost udela žute boje žumanca b_1^*

Iz rezultata prikazanih na grafiku 3. i u tabeli P1-7 vidi se da su se prosečne vrednosti udela žute boje (b_1^*) utvrđene za žumanca u celom jajetu kretale u intervalu od 28,88 (T12) do 39,39 (T4) 10. dana; od 28,38 (T2) do 40,08 (T3) 15. dana; od 29,51 (T12) do 39,41 (T4) 20. dana; od 28,73 (T12) do 40,57 (T4) 25. dana i od 29,09 (T2) do 40,36 (T3) 30. dana ishrane kokoši nosilja.

Vrednosti b_1^* 10. dana hranjenja kokoši nosilja bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T4 i T5 u poređenju sa tim vrednostima kod žumanaca iz tretmana T1, T2, T7, T8, T11 i T12, dok se od žumanaca iz tretmana T3, T6, T9 i T10 nisu statistički značajno razlikovali ($p > 0,05$). Ostale razlike vrednosti b_1^* između žumanaca ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$).

Iz prikazanih rezultata na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da su 15. dana vrednosti b_1^* bile statistički značajno veće ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T3 i T5 od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T2, T6, T7, T8, T11 i T12. Vrednost b_1^* bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T2 od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T3, T4, T5, T9 i T10.

Vrednost b_1^* 20. dana hranjenja kokoši nosilja bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T4 od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T2, T10, T11 i T12. Vrednost b_1^* bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T12 od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5, T6, T7, T8 i T9.

Iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da je 25. dana vrednost b_1^* bila statistički značajno veća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T4 od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T2, T6, T8, T10, T11 i T12. Vrednosti b_1^* bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T11 i T12 od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T3, T4, T5 i T9.

Dalje, nakon 30 dana ishrane kokoši nosilja, prosečna vrednost b_1^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana T3 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T2, T5, T7, T8, T11 i T12. Vrednost b_1^* bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T2 od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T6 i T10.

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-7 vidi se da je u okviru istog tretmana uticaj dana bio statistički značajan kod žumanaca iz tretmana T1, T4 i T9. Vrednosti b_1^* utvrđene 10. dana kod žumanaca iz tretmana T1 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih 20. i 30. dana. Vrednosti b_1^* utvrđene 30. dana kod žumanaca iz tretmana T4 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih 20. i 25. dana. Vrednosti b_1^* utvrđene 25. dana u žumancima iz tretmanu T9 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih 10. dana.

Vrednost udela žute boje žumanca b_2^*

Iz rezultata prikazanih na grafiku 3. i u tabeli P1-8 vidi se da su se prosečne vrednosti udela žute boje (b_2^*) utvrđene za žumanca sa vitelinskom membranom kretale u intervalu od 28,63 (T12) do 42,53 (T4) 10. dana; od 31,42 (T2) do 42,56 (T3) 15. dana; od 31,83 (T12) do 42,53 (T4) 20. dana; od 29,16 (T12) do 43,22 (T4) 25. dana i od 32,85 (T2) do 42,99 (T3) 30. dana ishrane kokoši nosilja.

Iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da je vrednost b_2^* 10. dana bila statistički značajno veća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T4 od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti b_2^* kod žumanaca iz tretmana T5 i T9 od kojih se nije statistički značajno razlikovala ($p > 0,05$). Takođe, vrednost b_2^* bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T12 od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti b_2^* kod žumanaca iz tretmana T1, T7 i T11 od kojih se nije statistički značajno razlikovala ($p > 0,05$).

Dalje, iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da su 15. dana vrednosti b_2^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T3 i T4

bile statistički značajno veće ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti b_2^* kod žumanaca iz tretmana T1 i T9 od kojih se nisu statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$). Vrednost b_2^* bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T2 od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4 i T9, dok se od žumanaca iz tretmana T5, T6, T7, T8, T10, T11 i T12 nije statistički značajno razlikovala ($p > 0,05$).

Nadalje, kako se vidi iz prikazanih rezultata na istom grafiku i u istoj tabeli vrednost b_2^* 20. dana bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T4 od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T2, T6, T7, T10, T11 i T12, dok je vrednost b_2^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana T12 bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9.

Dalje, vrednost b_2^* utvrđena 25. dana kod žumanaca iz tretmana T4 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti b_2^* kod žumanaca iz tretmana T3, T5 i T9 od kojih se nije statistički značajno razlikovala ($p > 0,05$). Vrednost b_2^* bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana T12 od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T3, T4, T5 i T9, dok se od žumanaca iz tretmana T1, T2, T6, T7, T8, T10 i T11 nije statistički značajno razlikovala ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih na grafiku 3. i u tabeli P1-8 vidi se da je 30. dana vrednost udela žute boje utvrđene kod žumanaca iz tretmana T3 bila statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti b_2^* kod žumanaca iz tretmana T1, T4 T6 i T9 od kojih se nije statistički značajno razlikovala ($p > 0,05$). Vrednost b_2^* utvrđena u žumancima iz tretmanu T11 bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4 i T6, dok se od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T2, T5, T7, T8, T9, T10 i T12 nije statistički značajno razlikovala ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-8 vidi se da je u okviru istog tretmana uticaj dana bio statistički značajan kod žumanaca iz tretmana

T1, T2, T3, T5 i T8. Vrednost b_2^* utvrđena 10. dana u žumancima iz tretmana T1 bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od istih vrednosti utvrđenih svih ostalih dana osim 25. dana. Vrednost b_2^* utvrđena 20. dana u žumancima iz tretmana T2 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti utvrđene 15. dana. Vrednost b_2^* utvrđena 30. dana u žumancima iz tretmana T3 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) u odnosu na vrednost utvrđenu 10. dana. Vrednost b_2^* utvrđena 15. dana u žumancima iz tretmana T5 bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti utvrđene svih ostalih dana osim 30. dana. Takođe, i kod žumanaca iz tretmana T8 vrednost b_2^* utvrđena 15. dana bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih 20. dana.

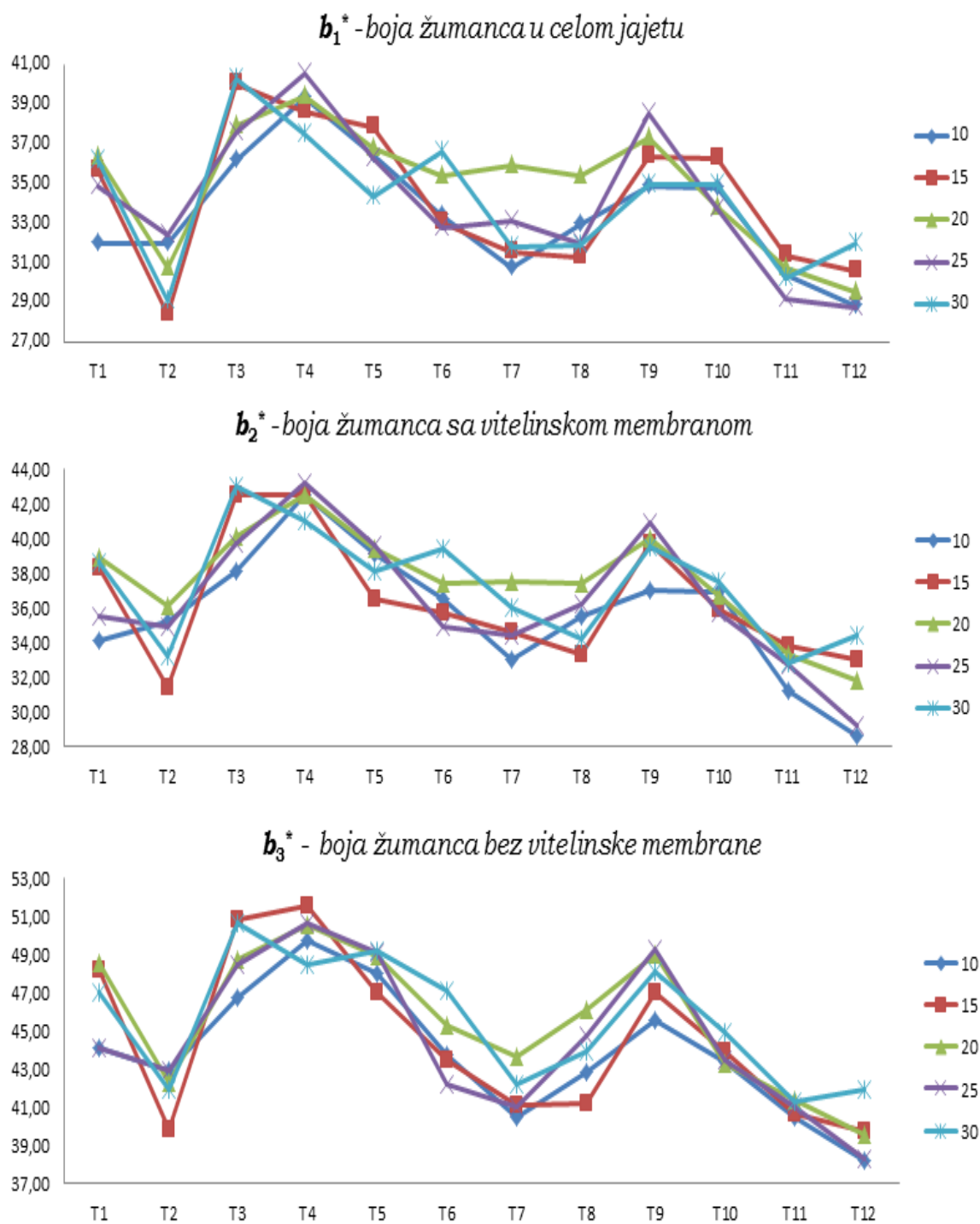
Vrednosti udela žute boje žumanca b_3^*

Iz rezultata prikazanih na grafiku 3. i u tabeli P1-9 vidi se da su 10. dana hranjenja kokoši nosilja vrednosti b_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T4 i T5 bile statistički značajno veće ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti b_3^* kod žumanaca iz tretmana T3 od kojih se nisu statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$). Takođe, vrednosti b_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T11 i T12 bile su statistički značajno različite od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana T3. Ostale razlike vrednosti b_3^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Iz prikazanih rezultata na istom grafiku i u istoj tabeli vidi se da su 15. dana vrednosti b_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T4 i T9 bile statistički značajno veće ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti b_3^* kod žumanaca iz tretmana T1 i T9 sa vrednostima b_3^* kod žumanaca iz tretmana T5, T6 i T10 između kojih nisu uočene statistički značajne razlike ($p > 0,05$). Ostale razlike vrednosti b_3^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$).

Kao što je prikazano na grafiku 3. i u tabeli P1-9, 20. dana ishrane kokoši nosilja, vrednost b_3^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana T4 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz

svih ostalih tretmana, osim vrednosti b_3^* kod žumanaca iz tretmana T1, T3, T5, T6 i T9 od kojih se nije statistički značajno razlikovala ($p>0,05$). Vrednosti b_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T2, T6, T7, T8, T10, T11 i T12 nisu se statistički značajno razlikovale ($p>0,05$). Dalje, kako se vidi iz rezultata prikazanih na istom grafiku i u istoj tabeli, 25. dana ishrane kokoši nosilja, vrednost b_3^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana T4 bila je statistički značajno veća ($p<0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti b_3^* kod žumanaca iz tretmana T3, T5, T8 i T9 od kojih se nije statistički značajno razlikovala ($p>0,05$). Vrednosti b_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T1, T2, T6, T7, T8, T10, T11 i T12 nisu se statistički značajno razlikovale ($p>0,05$).

Iz rezultata prikazanih na grafiku 3. i u tabeli P1-9 vidi se da su 30. dana vrednosti udela žute boje utvrđene kod žumanaca iz tretmana T3 i T5 bile statistički značajno veće ($p<0,05$) od vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti b_3^* kod žumanaca iz tretmana T1, T4 T6 i T9 od kojih se nisu statistički značajno razlikovale ($p>0,05$). Vrednosti b_3^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana T2, T6, T7, T8, T10, T11 i T12 nisu se statistički značajno razlikovale ($p>0,05$). Iz rezultata prikazanih u tabeli P1-9 vidi se da je u okviru istog tretmana uticaj dana bio statistički značajan samo kod žumanaca iz tretmana T9. Vrednost b_3^* utvrđena 10. dana kod žumanaca iz tretmana T9 bila je statistički značajno manja ($p<0,05$) od vrednosti utvrđenih svih ostalih dana.



Grafik 3. Boja žumanca izražena preko b^* - žuto-plave koordinate

Vrednosti na grafiku od T1 do T12 predstavljaju oznake za tretmane gde je: T1 – kontrolni tretman bez dodatih pigmenta; T2 – kontrolni tretman koji sadrži 0,005 % sintetičkog pigmenta–*carophyll red* i 0,001% sintetičkog pigmenta–*carophyll yellow* i T3 – T12 – eksperimentalni tretmani sa prirodnim izvorima pigmenta (nevena, šargarepe i paprike)

5.1.3. Senzorski kvalitet svežih žumanaca

Prihvatljivost boje svežih žumanaca

U tabeli 5.1.8. prikazane su prosečne vrednosti senzorskih ocena za prihvatljivost boje svežih žumanaca u 12 tretmana tokom 30 dana ishrane kokoši nosilja sa dodatkom različitih prirodnih izvora pigmenata. Kako se vidi iz rezultata prikazanih 10. dana najmanju senzorsku ocenu imala su žumanca iz tretmana T12 (2,00), u kome su kokoši hranjene dodatkom 1,5% paprike, a najveću žumanca iz tretmana T6 (4,88) u kome su kokoši hranjene dodatkom 1% nevena i 0,5% paprike. Utvrđene su statistički značajne razlike ($p < 0,05$) između senzorskih ocena za prihvatljivost boje žumanaca u tretmanima T6, T8 i T10 u odnosu na prihvatljivost boje žumanaca iz tretmana T7, T9 i T12.

Tabela 5.1.8. Prosečne senzorske ocene za prihvatljivost boje svežih žumanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Tretman	Vreme				
	10 dan	15 dan	20 dan	25 dan	30 dan
T1	3,50 ± 0,76 ^{b-i}	3,14 ± 0,38 ^{a-g}	3,00 ± 0,53 ^{a-g}	2,00 ± 0,63 ^a	2,83 ± 0,98 ^{a-d}
T2	3,57 ± 0,53 ^{b-i}	2,43 ± 0,79 ^{a-d}	3,00 ± 1,00 ^{a-d}	2,50 ± 0,55 ^{a-d}	2,71 ± 0,76 ^{a-d}
T3	3,71 ± 0,49 ^{c-i}	3,00 ± 0,58 ^{a-d}	3,29 ± 0,49 ^{a-i}	3,14 ± 0,69 ^{a-e}	3,13 ± 1,13 ^{a-h}
T4	3,38 ± 0,74 ^{a-h}	3,29 ± 0,76 ^{a-g}	2,88 ± 0,99 ^{a-d}	3,14 ± 0,69 ^{a-e}	3,13 ± 1,13 ^{a-h}
T5	3,71 ± 0,49 ^{b-i}	3,57 ± 0,53 ^{b-i}	2,13 ± 0,64 ^{ab}	2,86 ± 1,35 ^{a-d}	3,13 ± 1,13 ^{a-h}
T6	4,88 ± 0,35 ⁱ	4,86 ± 0,38 ^{hi}	4,86 ± 0,38 ^{hi}	4,17 ± 0,75 ^{d-i}	5,00 ± 0,00 ^{fhi}
T7	2,43 ± 0,98 ^{abc}	3,86 ± 0,69 ^{c-i}	2,57 ± 0,98 ^{a-d}	3,50 ± 0,93 ^{a-h}	4,80 ± 0,45 ^{e-i}
T8	4,75 ± 0,46 ^{fhi}	4,88 ± 0,35 ^{hi}	4,86 ± 0,38 ^{hi}	5,00 ± 0,00 ^{fhi}	5,00 ± 0,00 ^{fhi}
T9	3,00 ± 0,82 ^{a-d}	3,43 ± 0,53 ^{a-i}	2,33 ± 0,87 ^{ab}	2,57 ± 0,98 ^{a-d}	2,86 ± 0,90 ^{a-d}
T10	4,71 ± 0,49 ^{e-i}	4,86 ± 0,38 ^{hi}	4,86 ± 0,38 ^{hi}	5,00 ± 0,00 ^{fhi}	4,83 ± 0,41 ^{e-i}
T11	3,50 ± 0,93 ^{b-i}	3,38 ± 0,74 ^{a-h}	3,63 ± 0,92 ^{c-i}	3,43 ± 0,79 ^{a-h}	3,71 ± 0,76 ^{c-i}
T12	2,00 ± 0,63 ^{ab}	2,00 ± 0,63 ^{ab}	1,83 ± 0,92 ^a	2,75 ± 0,71 ^{a-d}	2,50 ± 0,55 ^{a-d}

Vrednosti označene različitim slovnim oznakom se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su 15. dana vrednosti senzorskih ocena za prihvatljivost boje svežih žumanaca kretale u intervalu od 2,00 (T12) do 4,88 (T8). Najmanje senzorske ocene za prihvatljivost boje 2,00 i 2,43 imala su žumanca u tretmanima T12 i T2, a najveće senzorske ocene za prihvatljivost boje ostvarene su kod žumanaca iz tretmana T6 (4,86), T8 (4,88) i T10 (4,86), koje su se statistički značajno razlikovale ($p < 0,05$) od senzorskih ocena boje žumanaca iz tretmana T1, T2, T3, T4 i T12. Nadalje, u istoj tabeli vidi se da su 20. dana vrednosti senzorskih ocena za prihvatljivost boje svežih žumanaca kretale u intervalu od 1,83 (T12) do 4,86 (T6, T8 i T10). Najmanje senzorske ocene za prihvatljivost boje imala su intenzivno obojena žumanca iz tretmanima T12, kao i jako bleđa žumanca iz tretmana T5, a najveće senzorske ocene za prihvatljivost boje kako je prethodno navedeno ostvarene su kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 koje su se statistički značajno razlikovale ($p < 0,05$) od senzorskih ocena boje žumanaca iz tretmana T1, T2, T4, T5, T7, T9 i T12.

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su 25. dana vrednosti senzorskih ocena za prihvatljivost boje svežih žumanaca kretale u intervalu od 2,00 (T1) do 5,00 (T8 i T10). Najmanje senzorske ocene za prihvatljivost boje imala su intenzivno obojena žumanca iz tretmana T2 i T12, kao i jako bleđa žumanca iz tretmana T1, T5 i T9. Najveće senzorske ocene za prihvatljivost boje ostvarene su kod žumanaca iz tretmana T8 i T10 koje se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana T6, T7 i T11 sa kojima nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Statistički značajne razlike nisu uočene ($p > 0,05$) između vrednosti za prihvatljivost boje kod žumanaca iz tretmana T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T9, T11 i T12 (osim između tretmana T1 i T6).

Prosečne vrednosti senzorskih ocena za prihvatljivost boje svežih žumanaca 30. dana kretale su se u intervalu od 2,50 (T12) do 5,00 (T6 i T8). Na kraju perioda hranjenja, 30. dana najmanju senzorsku ocenu za prihvatljivost boje 2,50 i 2,71 imala su žumanca u tretmanima T12 i T2 (sa intenzivno obojenim žumancima), kao i 2,83 i 2,86 žumanca iz

tretmana T1 i T9 (sa jako bledim žumancima). Najveće senzorske ocene za prihvatljivost boje ostvarene su kod žumanaca iz tretmana T6 (5,00), T8 (5,00) i T10 (4,83) koje su se statistički značajno razlikovale ($p < 0,05$) od žumanaca iz tretmana T1, T2, T9 i T12. Statistički značajne razlike za prihvatljivost boje žumanaca nisu uočene ($p > 0,05$) između tretmana T1, T2, T3, T4, T5, T9, T11 i T12.

Ujednačenost boje svežih žumanaca

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.1.9. vidi se da su se prosečne senzorske ocene za ujednačenost boje svežih žumanaca u 12 tretmana, 10. dana kretale u intervalu od 4,33 (T3) do 4,83 (T2), 15. dana u intervalu od 4,50 (T9) do 4,86 (T12), 20. dana u intervalu od 4,14 (T10) do 4,86 (T6 i T11), dok su 25. i 30. dana postignute najveće senzorske ocene 5,00 u svim tretmanima, osim u tretmanu T1 25. dana (4,80).

Tabela 5.1.9. Prosečne senzorske ocene za ujednačenost boje svežih žumanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Tretman	Vreme				
	10 dan	15 dan	20 dan	25 dan	30 dan
T1	4,75 ± 0,46	4,67 ± 0,52	4,83 ± 0,41	4,80 ± 0,45	5,00 ± 0,00
T2	4,83 ± 0,41	4,83 ± 0,41	4,83 ± 0,41	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T3	4,33 ± 0,52	4,83 ± 0,41	4,83 ± 0,41	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T4	4,56 ± 0,53	4,71 ± 0,49	4,71 ± 0,49	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T5	4,67 ± 0,52	4,63 ± 0,52	4,83 ± 0,41	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T6	4,78 ± 0,44	4,75 ± 0,46	4,86 ± 0,38	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T7	4,57 ± 0,53	4,75 ± 0,46	4,83 ± 0,41	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T8	4,75 ± 0,46	4,83 ± 0,41	4,83 ± 0,41	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T9	4,50 ± 0,55	4,50 ± 0,55	4,83 ± 0,41	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T10	4,71 ± 0,49	4,71 ± 0,49	4,14 ± 0,38	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T11	4,63 ± 0,52	4,75 ± 0,46	4,86 ± 0,38	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T12	4,57 ± 0,53	4,86 ± 0,38	4,83 ± 0,41	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00

*Između vrednosti navedenih u tabeli ne postoji statistički značajna razlika $p > 0,05$

Tokom 30 dana ishrane kokoši nosilja nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p>0,05$) između tretmana za senzorsku ocenu ujednačenosti boje žumanaca.

Nijansa boje svežih žumanaca

U tabeli 5.1.10. prikazane su prosečne senzorske ocene za nijansu boje svežih žumanaca gde se vidi da su se 10. dana senzorske ocene kretale u intervalu od 2,13 (T12) do 4,89 (T6). Najveće senzorske ocene za nijansu boje ostvarene su kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 koje su se statistički značajno razlikovale ($p<0,05$) od žumanaca iz tretmana T4, T7, T9 i T12 u kojima su ostvarene najmanje senzorske ocene za nijansu boje.

Tabela 5.1.10. Prosečne senzorske ocene za nijansu boje svežih žumanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Tretman	Vreme				
	10 dan	15 dan	20 dan	25 dan	30 dan
T1	3,11 ± 0,78 ^{a-g}	2,33 ± 0,71 ^{a-d}	1,91 ± 0,70 ^{a-d}	2,13 ± 0,83 ^{ab}	2,90 ± 1,37 ^{a-h}
T2	4,13 ± 0,83 ^{c-h}	2,44 ± 0,73 ^{a-e}	2,91 ± 1,14 ^{a-h}	2,56 ± 0,88 ^{a-d}	2,75 ± 1,04 ^{a-f}
T3	3,17 ± 0,75 ^{a-h}	2,33 ± 0,87 ^{a-d}	2,36 ± 0,67 ^{a-d}	2,75 ± 1,04 ^{a-d}	2,67 ± 1,41 ^{a-f}
T4	2,44 ± 0,53 ^{a-d}	2,38 ± 0,74 ^{a-d}	2,10 ± 0,74 ^{abc}	2,78 ± 0,97 ^{a-e}	2,78 ± 1,39 ^{a-h}
T5	3,25 ± 0,71 ^{a-h}	3,00 ± 0,82 ^{a-e}	1,70 ± 0,67 ^a	2,75 ± 1,04 ^{a-d}	2,78 ± 1,39 ^{a-h}
T6	4,89 ± 0,33 ^h	4,78 ± 0,44 ^{fgh}	4,86 ± 0,38 ^{gh}	4,57 ± 0,53 ^{e-h}	5,00 ± 0,00 ^{gh}
T7	2,38 ± 0,92 ^{a-d}	4,56 ± 0,53 ^{fgh}	2,50 ± 1,00 ^{a-d}	4,00 ± 0,71 ^{a-h}	4,83 ± 0,41 ^{gh}
T8	4,75 ± 0,46 ^{gh}	4,88 ± 0,35 ^{gh}	4,75 ± 0,46 ^{gh}	5,00 ± 0,00 ^{gh}	5,00 ± 0,00 ^{gh}
T9	2,75 ± 1,04 ^{a-d}	2,50 ± 0,76 ^{a-d}	1,80 ± 0,79 ^a	2,75 ± 1,04 ^{a-d}	2,56 ± 1,33 ^{a-e}
T10	4,78 ± 0,44 ^{fgh}	4,80 ± 0,42 ^{gh}	4,71 ± 0,49 ^{fgh}	5,00 ± 0,00 ^{gh}	4,80 ± 0,45 ^{fgh}
T11	3,50 ± 0,53 ^{b-h}	3,70 ± 0,48 ^{b-h}	3,60 ± 0,52 ^{b-h}	4,00 ± 0,76 ^{d-h}	3,57 ± 0,53 ^{a-h}
T12	2,13 ± 0,83 ^{a-d}	2,25 ± 0,71 ^{a-d}	2,13 ± 1,13 ^{a-d}	2,56 ± 0,88 ^{a-e}	3,00 ± 0,76 ^{a-f}

Vrednosti označene različitom slovnim oznakom u istoj koloni se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p<0,05$

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 15. dana vrednosti senzorskih ocena za nijansu boje svežih žumanaca kretale u intervalu od 2,25 (T12) do 4,88 (T8). Najveće senzorske ocene za nijansu boje ostvarene su kod žumanaca iz tretmana T6, T7, T8 i T10 koje su se statistički značajno razlikovale ($p < 0,05$) od senzorskih ocena žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim žumanaca iz tretmana T11 sa kojim nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Najmanje senzorske ocene od 2,25 do 3,00 ostvarene su u žumancima iz tretmana T1, T2, T3, T4, T5, T9 i T12 između kojih nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Dalje, iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 20. dana vrednosti senzorskih ocena za nijansu boje svežih žumanaca kretale u intervalu od 1,70 (T5) do 4,86 (T6). Najveće senzorske ocene za nijansu boje ostvarene su kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 koje su se statistički značajno razlikovale ($p < 0,05$) od senzorskih ocena žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim žumanaca iz tretmana T2 i T11 sa kojim nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Najmanje senzorske ocene ostvarene su u žumancima iz tretmana T1, T2, T3, T4, T5, T7, T9 i T12 između kojih nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.1.10. vidi se da su se 25. dana vrednosti senzorskih ocena za nijansu boje svežih žumanaca kretale u intervalu od 2,13 (T1) do 5,00 (T8 i T10). Najveće senzorske ocene za nijansu boje ostvarene su kod žumanaca iz tretmana T6, T8 i T10 koje su se statistički značajno razlikovale ($p < 0,05$) od senzorskih ocena žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim žumanaca iz tretmana T7 i T11 sa kojim nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$). Najmanje senzorske ocene ostvarene su u žumancima iz tretmana T1, T2, T3, T4, T5, T9 i T12 između kojih nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

Prosečne vrednosti senzorskih ocena za nijansu boje svežih žumanaca 30. dana kretale su se u intervalu od 2,56 (T9) do 5,00 (T6 i T8). Najveće senzorske ocene za nijansu boje ostvarene su kod žumanaca iz tretmana T6, T7, T8 i T10 koje se nisu statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$) od senzorskih ocena žumanaca iz tretmana T1, T4, T5 i T11, dok se vrednosti za senzorsku ocenu žumanaca iz tretmana T10 nisu

statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$) ni od vrednosti senzorskih ocena žumanaca iz tretmana T2, T3 i T12. Najmanje senzorske ocene ostvarene su u žumancima iz tretmana T1, T2, T3, T4, T5, T9 i T12 između kojih nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p > 0,05$).

5.1.4. Statistička obrada rezultata

Postavljeni modeli odzivnih promenljivih, napisanih u obliku polinoma drugog reda (engl. second order polynomial - SOP), za 30. dan eksperimenta, pokazali su se statistički značajnim za predstavljanje svih posmatranih odzivnih promenljivih (Tabela 5.1.11.). Linearni članovi sadržaja nevena, šargarepe i paprike u SOP modelu bili su najuticajniji za izračunavanje koordinata boja L^* i b^* , kao i vrednosti prema Roche lepezi, statistički značajni, na nivou $p < 0,01$, dok je sadržaj paprike bio najuticajnija promenljiva za predviđanje koordinate boje a^* ($p < 0,01$). Član proizvoda šargarepa \times paprika takođe utiče na predikciju koordinate a^* . Članovi proizvoda polinoma neven \times paprika i šargarepa \times paprika takođe utiče na predviđanje vrednosti prema Roche lepezi, statistički značajno, na nivou $p < 0,05$. Preovlađujući uticaj linearnog člana sadržaja nevena, šargarepe i paprike primećeni su za Prihvatljivost i Nijansu, dok je Homogenost nije bila zavisna od sadržaja nevena, šargarepe i paprike. Svi SOP modeli imali su beznačajne greške modela, što znači da su svi modeli dovoljno dobro predstavljali podatke na osnovu kojih su formirani. Koeficijenti determinacije za sve odzivne promenljive bili su relativno visoki, što pokazuje dobru sposobnost modela da predstavljaju rezultate eksperimenta u tridesetom danu. Regresioni model za predviđanje boje i senzornih parametara na 30. dan prikazan je u tabeli 5.1.11.

Matrica korelacija za eksperimentalno dobijene parametre boje i senzorske karakteristike uzorka jaja su prikazane u tabeli 5.1.12. Na osnovu rezultata prikazanih u ovoj tabeli, a_1^* , a_2^* , a_3^* , RYCF i β_c su u jakoj pozitivnoj korelaciji (statistički značajne na nivou $p < 0,01$). Ove promenljive su negativno korelisane sa L_1^* , L_2^* , L_3^* , b_1^* , b_2^* i b_3^* ($p < 0,01$). Nijansa je

pozitivno korelisana sa a_1^* , a_2^* , a_3^* i vrednostima prema Roche lepezi ($p < 0,01$), a negativno korelisana sa L_1^* , L_2^* , L_3^* i b_3^* ($p < 0,05$).

Tabela 5.1.11. Regresioni koeficijenti u SOP modelu na 30. dan

	Neven	Šargarepa	Paprika	Neven × Šargar.	Neven × Paprika	Šargarepa×Paprika	r ²
<i>L</i> ₁ *	59,56 ± 1,2 ⁺	59,83 ± 1,23 ⁺	52,13 ± 1,24 ⁺	-1,07 ± 6,15	-4,32 ± 5,85	-8,09 ± 7,31	0,917
<i>a</i> ₁ *	0,70 ± 1,4	-0,11 ± 1,37	20,28 ± 1,39 ⁺	1,72 ± 6,89	4,47 ± 6,54	22,43 ± 8,19 ^{**}	0,983
<i>b</i> ₁ *	47,42 ± 1,7 ⁺	40,40 ± 1,68 ⁺	36,36 ± 1,70 ⁺	-15,54 ± 8,44	-19,30 ± 8,01 ^{**}	1,99 ± 10,03	0,892
<i>L</i> ₂ *	61,48 ± 1,3 ⁺	61,87 ± 1,27 ⁺	53,28 ± 1,28 ⁺	-1,06 ± 6,38	-3,35 ± 6,06	-4,35 ± 7,58	0,923
<i>a</i> ₂ *	0,93 ± 1,4	0,01 ± 1,45	21,43 ± 1,46 ⁺	2,19 ± 7,28	6,18 ± 6,91	24,21 ± 8,65 [*]	0,983
<i>b</i> ₂ *	50,44 ± 2,0 ⁺	45,63 ± 2,01 ⁺	39,33 ± 2,03 ⁺	-15,63 ± 10,07	-16,19 ± 9,57	-7,49 ± 11,97	0,859
<i>L</i> ₃ *	57,67 ± 1,2 ⁺	57,02 ± 1,25 ⁺	48,27 ± 1,26 ⁺	-3,84 ± 6,28	-7,67 ± 5,97	-8,62 ± 7,47	0,938
<i>a</i> ₃ *	2,30 ± 1,7	1,77 ± 1,74	25,51 ± 1,75 ⁺	2,79 ± 8,72	11,23 ± 8,28	28,08 ± 10,37 [*]	0,981
<i>b</i> ₃ *	58,62 ± 1,3 ⁺	55,74 ± 1,33 ⁺	47,71 ± 1,34 ⁺	-6,43 ± 6,66	-13,76 ± 6,33 ^{**}	-9,42 ± 7,92	0,943
β-kar.	33,57 ± 5,7 ⁺	29,58 ± 5,82 ⁺	55,01 ± 5,87 ⁺	5,93 ± 29,18	-0,44 ± 27,71	8,50 ± 34,69	0,803
RYCF	9,79 ± 0,5 ⁺	9,78 ± 0,49 ⁺	16,79 ± 0,49 ⁺	-0,78 ± 2,45	12,10 ± 2,33 ⁺	14,12 ± 2,91 ⁺	0,989
Prihv.	3,82 ± 0,6 ⁺	3,24 ± 0,62 ⁺	2,54 ± 0,63 [*]	0,68 ± 3,11	7,77 ± 2,95 ^{**}	14,90 ± 3,70 [*]	0,849
Nijansa	3,37 ± 0,8 [*]	2,85 ± 0,82 [*]	2,84 ± 0,83 [*]	1,02 ± 4,14	7,43 ± 3,93	15,01 ± 4,92 [*]	0,762

⁺Značajnost na nivou p<0,01, ^{*}Značajnost na nivou p<0,05, ^{**}Značajnost na nivou p<0,10.

*L*₁^{*}, *a*₁^{*} i *b*₁^{*} -u celom jajetu (belance i žumance zajedno); *L*₂^{*}, *a*₂^{*} i *b*₂^{*} -boja žumanca sa vitelinskom membranom; *L*₃^{*}, *a*₃^{*} i *b*₃^{*} -boja žumanca bez vitelinske membrane; Homo - Homogenost; Prihv. - Prihvatljivost; RYCF - Roche lepeza; β-kar. – beta karoten

Tabela 5.1.12. Korelacioni podaci eksperimentalno dobijene boje i senzornih karakteristika

	a_1^*	b_1^*	L_2^*	a_2^*	b_2^*	L_3^*	a_3^*	b_3^*	β -kar	RYCF	Prihv.	Homog.	Nijansa
L_1^*	-0,914 ⁺	0,863 ⁺	0,985 ⁺	-0,916 ⁺	0,858 ⁺	0,965 ⁺	-0,920 ⁺	0,907 ⁺	-0,859 ⁺	-0,905 ⁺	-0,042	0,047	-0,310 [*]
a_1^*		-0,830 ⁺	-0,926 ⁺	0,999 ⁺	-0,825 ⁺	-0,939 ⁺	0,996 ⁺	-0,907 ⁺	0,928 ⁺	0,982 ⁺	0,075	0,053	0,354 ⁺
b_1^*			0,871 ⁺	-0,836 ⁺	0,944 ⁺	0,911 ⁺	-0,844 ⁺	0,926 ⁺	-0,793 ⁺	-0,833 ⁺	0,020	-0,068	-0,217 ^a
L_2^*				-0,927 ⁺	0,878 ⁺	0,977 ⁺	-0,930 ⁺	0,931 ⁺	-0,863 ⁺	-0,917 ⁺	-0,024	0,020	-0,309 [*]
a_2^*					-0,823 ⁺	-0,939 ⁺	0,997 ⁺	-0,906 ⁺	0,928 ⁺	0,985 ⁺	0,078	0,052	0,355 ⁺
b_2^*						0,915 ⁺	-0,839 ⁺	0,954 ⁺	-0,799 ⁺	-0,823 ⁺	0,020	0,011	-0,223 ^a
L_3^*							-0,950 ⁺	0,962 ⁺	-0,886 ⁺	-0,935 ⁺	-0,037	0,017	-0,310 [*]
a_3^*								-0,915 ⁺	0,929 ⁺	0,986 ⁺	0,100	0,012	0,368 ⁺
b_3^*									-0,838 ⁺	-0,904 ⁺	-0,038	0,021	-0,304 [*]
β -kar.										0,907 ⁺	-0,025	0,023	0,227 ^a
RYCF											0,184	0,056	0,453 ⁺
Prihv.												-0,071	0,916 ⁺
Homo.													0,024

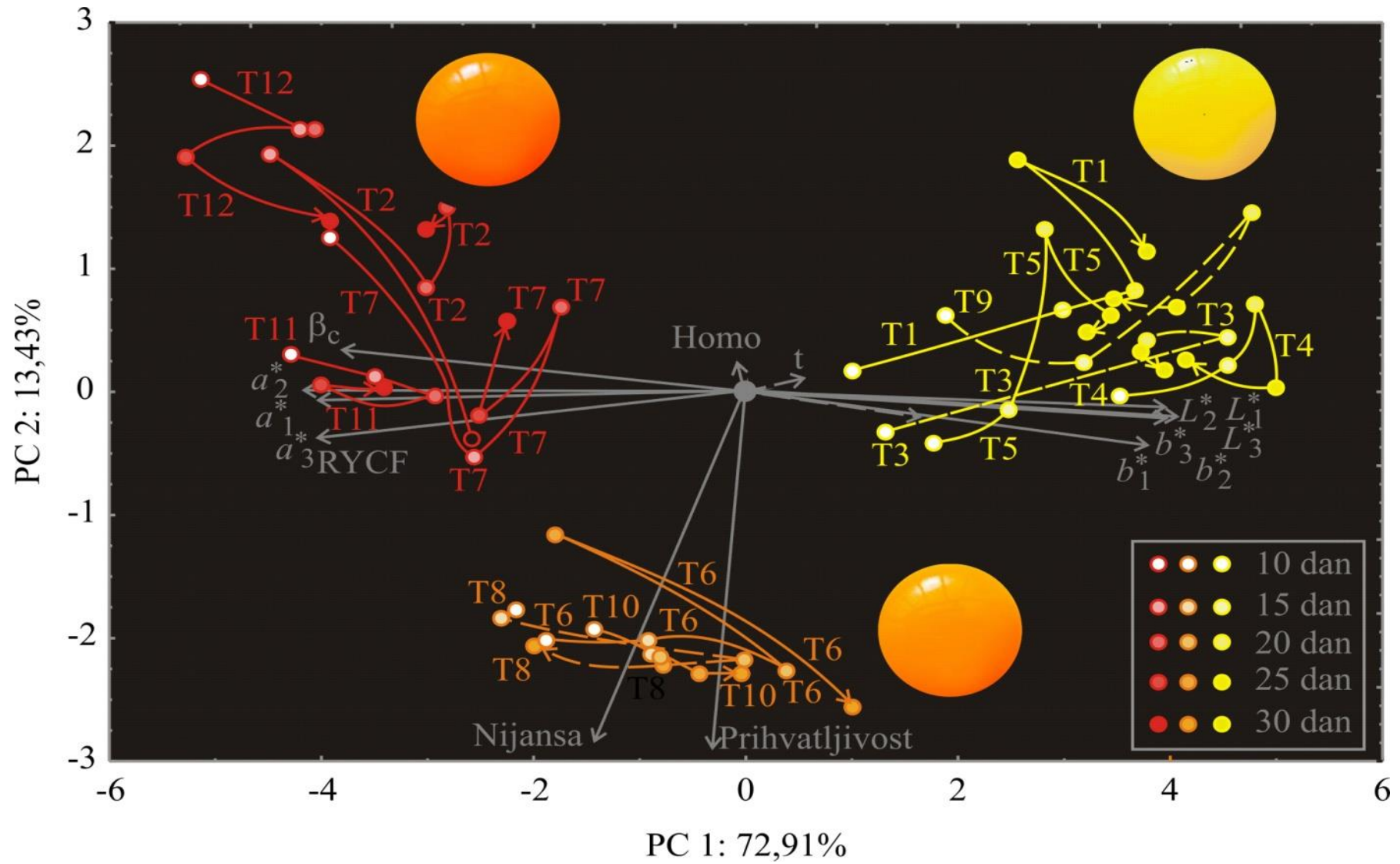
⁺Korelaciona statistička značajnost na nivou $p < 0,01$, ^{*}Korelaciona statistička značajnost na nivou $p < 0,05$,

^aKorelaciona statistička značajnost na nivou $p < 0,10$;

L_1^* , a_1^* i b_1^* -u celom jajetu (belance i žumanca zajedno); L_2^* , a_2^* i b_2^* -boja žumanca sa vitelinskom membranom;

L_3^* , a_3^* i b_3^* -boja žumanca bez vitelinske membrane;

Homo - Homogenost; Prihv. - Prihvatljivost; RYCF - Roche lepeza; β -kar. – beta karoten



Grafik 4. PCA analiza glavnih komponenti

PCA analiza glavnih komponenti

Na osnovu prikazanog PCA grafika br 4. vidi se da prva glavna komponenta objedinjuje pokazivanja instrumentalno merenih kolornih parametara, a druga glavna komponenta prikazuje senzorske parametre. PC1 koordinata opisuje razlike između uzoraka na osnovu tretmana, a PC2 objašnjava razlike u svetloći uzoraka, što je uočljivije za ljudsko oko. Uzimajući u obzir mapu PCA, promenljive L_1^* , L_2^* , L_3^* , b_1^* , b_2^* i b_3^* su pokazale pozitivan uticaj na izračunavanje prve glavne komponente (doprinos svake od ovih komponenti je bio 8,1 - 9,5% od ukupne varijanse, zasnovanih na korelaciji), dok su uticaji promenljivih a_1^* , a_2^* , a_3^* , β_c i RYCF (8,3 - 9,4% od ukupne varijanse) na izračunavanje prve glavne komponente bili negativni (Grafik 4.). Negativni uticaji na drugu glavnu komponentu su primećeni za promenljive: Prihvatljivost (51,4% od ukupne varijanse, zasnovane na korelacijama) i Nijanse (44,6%).

Razlike između tretmana pripremljenih korišćenjem različitih pigmenata mogu se primetiti iz PCA grafika, na kome su na desnoj strani PCA grafika prikazani uzorci sa najvišim vrednostima L^* i b^* (T1, T3, T4, T5 i T9). Uzorci dobijeni navedenim tretmanima su najsvetliji i najviše žućkasti. U tretmanu T1 (kontrolni tretman) uzorak sadrži kukuruz kao jedini izvor prirodnih ksantofila, dok kod tretmana T3, T4, T5 i T9 uzorci pored kukuruza sadrže neven i šargarepu, pojedinačno ili u kombinaciji, ali ne sadrže papriku. U tretmanima T1, T3, T4, T5 i T9, vrednosti prema Roche lepezi su se kretale od 9,0 do 10,33, 10-tog dana uzorkovanja i postepeno su se smanjivale tokom ispitivanja na 7,67 (T1 tretman) i 8,67 (T9 tretman) 30. dan uzorkovanja.

Razlika između tretmana u PCA grafiku je očigledna, a uticaj vremena nije mogao da promeni vezu uzoraka sa početnim tretmanom. Boja žumanca je veća na početku eksperimenta, jer su kokoške nosilje hranjene komercijalnom hranom sa dodatim sintetičkim pigmentima, pre početka samog eksperimenta. Period za stabilizaciju boje varira u zavisnosti od vrste i koncentracije karotenoida u ishrani i može se postići u roku od 7 do 14 dana.

Najveće vrednosti prema Roche lepezi, a^* i βc primećene su na levoj strani PCA grafika, gde su pozicionirani uzorci dobijeni od tretmana T2, T7, T11 i T12. Uzorci dobijeni navedenim tretmanima su najtamniji, uglavnom crvenkasti, sa vrednostima prema Roche lepezi u rasponu od 14 do 15. Uzorci dobijeni tretmanima T7, T11 i T12 imaju slične vrednosti prema Roche lepezi, kao i vrednosti za βc i a^* i mogu se koristiti kao adekvatna zamena za sintetički pigment. Kao što se može videti iz PCA grafika, tretman T12 je pokazao najveću vrednost prema Roche lepezi, kao i a^* koji je bio 17,66 u celom jajetu, 18,59 u žumanču sa vitelinskom membranom i 22,30 u žumanču bez vitelinske membrane 30-tog dana uzorkovanja. Zbog visokih a^* vrednosti, tretman T12 koji sadrži 15 g/kg paprike, daje boju žumanca od skoro 15 prema Roche lepezi i ima vrednost od 2,00 do 2,50 za Prihvatljivost, koja je gotovo nepoželjna od strane potrošača.

Najbolje senzorne ocene (Nijansa i Prihvatljivost) su dobila žumanca iz tretmana T6, T8 i T10 (nalaze se na dnu grafika) sa vrednostima od 10 do 14 prema Roche lepezi što je bio cilj ove doktorske disertacije. Žumanca iz tretmana T6, T8 i T10 sa vrednostima prema Roche lepezi 12,56; 13,38 i 12,57, respektivno, sadrže 10 g/kg nevena i 5 g/kg paprike (T6), po 5 g/kg nevena, šargarepe i paprike (T8), kao i 10 g/kg šargarepe i 5 g/kg paprike (T10).

5.2. Optimizacije nutritivnog sastava jaja

5.2.1. Hemijske analize i sastav masnih kiselina semena i ko-ekstrudata lana, lanika i konoplje

U tabelama od 5.2.1. do 5.2.4. prikazani su rezultati ispitivanja hemijske analize i masnokiselinskog sastava semena lana, lanika i konoplje i njihovih ko-ekstrudata sa kojima su kokoši nosilje hranjene u drugom biološkom ogledu.

Rezultati hemijske analize semena prikazani su u tabeli 5.2.1. Kako se iz prikazanih rezultata može videti seme lana ima statistički značajno veći ($p < 0,05$) sadržaj masti (40,08%) od semena lanika (32,14%) i semena konoplje (31,99%). Takođe, veoma je značajno istaći da ove uljarice pored visokog sadržaja masti imaju i znatne količine proteina, pri čemu seme lanika sadrži statistički značajno veću količinu proteina ($p < 0,05$) u odnosu na seme lana i konoplje, a seme konoplje u odnosu na seme lana. Seme lana je imalo statistički značajno manji ($p < 0,05$) procenat vlage i celuloze u odnosu na seme lanika i konoplje, dok se po sadržaju pepela statistički razlikovalo samo od konoplje. Takođe, seme lanika je imalo statistički značajno manji ($p < 0,05$) procenat vlage, pepela i celuloze u odnosu na seme konoplje. Kako se iz prikazanih rezultata vidi sadržaj glukozinolata je statistički značajno veći ($p < 0,05$) kod semena lanika u odnosu na ostala semena dok je sadržaj HCN statistički značajno veći ($p < 0,05$) kod semena lana u odnosu na seme lanika i konoplje. Na osnovu dobijenih rezultata određeni su parametri procesa ekstrudiranja kojem su semena morala biti podvrgnuta radi uklanjanja antinutritivnih faktora.

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.2. vidi se da je masnokiselinski sastav ove tri uljarice dosta različit. Iako pojedinačno postoje statistički značajne razlike ($p < 0,05$) u sadržaju palmitinske i stearinske masne kiseline, kod sadržaja ukupnih zasićenih masnih kiselina se uočava da nema statistički značajne razlike ($p > 0,05$) između ove tri uljarice.

Tabela 5.2.1. *Hemijski sastav semena lana, lanika i konoplje*

Ispitivani parametri (%)	lan	lanik	konoplja
Sadržaj vlage	5,42 ± 0,11 ^a	6,49 ± 0,06 ^b	7,30 ± 0,13 ^c
Sadržaj proteina	24,59 ± 0,08 ^a	30,61 ± 0,15 ^c	27,28 ± 0,08 ^b
Sadržaj masti	40,08 ± 0,04 ^b	32,14 ± 0,11 ^a	31,99 ± 0,04 ^a
Sadržaj pepela	2,78 ± 0,30 ^a	3,45 ± 0,04 ^a	4,76 ± 0,10 ^b
Sadržaj celuloze	14,57 ± 0,06 ^a	17,85 ± 0,13 ^b	18,05 ± 0,04 ^c
Sadržaj glukozinolata	5,72 ± 0,64 ^a	28,09 ± 0,36 ^b	5,45 ± 0,08 ^a
Sadržaj HCN (mg/kg)	177,28 ± 15,87 ^c	28,51 ± 1,21 ^a	55,76 ± 4,89 ^b

Vrednosti označene različitom slovnim oznakom u istom redu se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Tabela 5.2.2. *Sadržaj masnih kiselina u semenu lana, lanika i konoplje*

Masna kiselina	Udeo masne kiseline (%) u ukupnim masnim kiselinama		
	seme lana	seme lanika	seme konoplje
C16:0 (palmitinska kis.)	5,32 ± 0,06 ^b	4,67 ± 0,01 ^a	5,70 ± 0,06 ^c
C18:0 (stearinska kis.)	3,78 ± 0,11 ^b	2,50 ± 0,06 ^a	2,31 ± 0,35 ^a
C18:1 ω -9 (oleinska kis.)	22,26 ± 0,26 ^c	16,47 ± 0,18 ^b	11,27 ± 0,17 ^a
C18:2 ω -6 (linolna kis.)	13,85 ± 0,15 ^a	16,56 ± 0,31 ^b	55,62 ± 0,52 ^c
C18:3 ω -3(α -linolenska kis.)	54,28 ± 0,36 ^c	34,62 ± 0,12 ^b	19,52 ± 0,30 ^a
C18:3 ω -6 (γ -linolna kis.)	0,22 ± 0,01	/	4,21 ± 0,02
C20:1 ω -9 (gondoinska kis.)	/	17,05 ± 0,06	/
C22:1 ω -9 (eruka kiselina)	/	3,38 ± 0,15	/
SFA	9,40 ± 0,05 ^a	8,67 ± 0,13 ^a	9,16 ± 0,36 ^a
MUFA	22,26 ± 0,26 ^b	36,91 ± 0,27 ^c	11,37 ± 0,17 ^a
PUFA	68,34 ± 0,21 ^b	54,33 ± 0,39 ^a	79,47 ± 0,20 ^c
PUFA/SFA	7,27 ± 0,02 ^b	6,27 ± 0,14 ^a	8,68 ± 0,37 ^c
ω 6	14,06 ± 0,15 ^a	19,71 ± 0,27 ^b	59,95 ± 0,49 ^c
ω 3	54,28 ± 0,36 ^c	34,62 ± 0,12 ^b	19,52 ± 0,30 ^a
ω 6/ ω 3	0,26 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,01 ^b	3,07 ± 0,07 ^c

Vrednosti označene različitom slovnim oznakom u istom redu se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Sadržaj oleinske kiseline je statistički značajno različit ($p < 0,05$) kod sve tri sirovine, najveći je kod semena lana (22,26%), zatim kod semena lanika (16,47%), a najmanji je kod konoplje (11,27%). Izuzetno visok sadržaj linolne kiseline utvrđen je kod semena konoplje (55,62%), dok

seme lana i seme lanika sadrže 13,85%, odnosno 16,56% i međusobno se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$). Seme lana je najbogatije u sadržaju α -linolenska kiseline – ALA (54,28%), ali i seme lanika sadrži znatne količine ove masne kiseline (34,62%) iako statistički značajno manje od semena lana ($p < 0,05$), dok seme konoplje sadrži statistički značajno najmanji ($p < 0,05$) sadržaj ALA (19,52%) u odnosu na seme lana i lanika. Seme konoplje sadrži γ -linolna kiselinu (4,21%), seme lana sadrži malu količine ove kiseline (0,22%) dok je seme lanika uopšte ne sadrži. Seme lanika sadrži značajnu količinu C20:1 - gondoinske kiseline (17,05%), kao i C22:1 - eruka kiseline (3,38%) koje semena lana i konoplje ne sadrže. Na osnovu rezultata za sadržaj ukupnih mononezasićenih masnih kiselina uočava se da nema statistički značajne razlike ($p > 0,05$) između ove tri uljarice. Zbog prisustva velike količine linolne kiseline seme konoplje ima statistički značajno veći ($p < 0,05$) sadržaj ukupnih polinezasićenih masnih kiselina od semena lana i lanika, dok je odnos PUFA/SFA statistički značajno manji ($p < 0,05$) kod semena lanika u odnosu na seme lana i konoplje, a kod semena lana u odnosu na seme konoplje. Takođe, sadržaj omega 6 masnih kiselina je najveći u semenu konoplje (59,95%), dok je sadržaj omega 3 masnih kiselina najveći u semenu lana (54,28%). Najpovoljniji odnos omega 6/omega 3 masnih kiselina utvrđen je kod semena lana 0,26, zatim kod semena lanika 0,57, dok je kod semena konoplje ovaj odnos najviši i iznosi 3,07.

Rezultati hemijske analize ko-ekstrudata lana, lanika i konoplje koji su dodati u smeše za ishranu kokoši nosilja u drugom biološkom ogledu prikazane su u tabeli 5.2.3. Kako se vidi iz prikazanih rezultata ko-ekstrudat lana ima statistički značajno veći ($p < 0,05$) sadržaj masti (22,18%) od ko-ekstrudata lanika (18,13%) i ko-ekstrudata konoplje (16,27%) čiji se sadržaji takođe među sobom statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$).

Tabela 5.2.3. Hemijski sastav ko-ekstrudata

Ispitivani parametri (%)	ko-ekstrudat lana	ko-ekstrudat lanika	ko-ekstrudat konoplje
Sadržaj vlage	6,60 ± 0,03 ^b	5,93 ± 0,08 ^a	6,95 ± 0,07 ^c
Sadržaj proteina	17,04 ± 0,12 ^b	19,94 ± 0,21 ^c	15,85 ± 0,10 ^a
Sadržaj masti	22,18 ± 0,12 ^c	18,13 ± 0,16 ^b	16,27 ± 0,14 ^a
Sadržaj pepela	1,75 ± 0,08 ^a	2,01 ± 0,06 ^a	2,48 ± 0,09 ^b
Sadržaj celuloze	1,37 ± 0,11 ^a	3,49 ± 0,08 ^b	3,85 ± 0,16 ^b
Sadržaj glukozinolata (µmol/g)	3,31 ± 0,20 ^a	4,19 ± 0,33 ^b	3,21 ± 0,13 ^a
Sadržaj HCN (mg/kg)	23,87 ± 2,04	/	/

Vrednosti označene različitom slovnim oznakom u istom redu se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Ko-ekstrudat lanika (19,19%) ima statistički značajno veću količinu ($p < 0,05$) proteina u odnosu na ko-ekstrudat lana (17,04%) i konoplje (15,85%), koji se takođe među sobom statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$). Nadalje, ko-ekstrudat lanika (5,93%) ima statistički značajno manji procenat vlage u odnosu na ko-ekstrudat lana (6,60%) i konoplje (6,95%), koje se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$), iako su numeričke vrednosti bliske. Sadržaj pepela se statistički značajno ne razlikuje ($p > 0,05$) između ko-ekstrudata lana (1,75%) i lanika (2,01%), ali se ove vrednosti statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$) od sadržaja pepela utvrđenog kod ko-ekstrudata konoplje (2,48%), dok je sadržaj celuloze statistički značajno manji ($p < 0,05$) kod ko-ekstrudata lana (1,37%) u odnosu na ko-ekstrudat lanika (3,49%) i konoplje (3,85%). Sadržaj glukozinolata je u velikoj meri smanjen u ko-ekstrudatima u odnosu na sadržaj istog u semenima, tako da je od 28,09 µmol/g koliko je bio sadržaj glukozinolata u semenu lanika, procesom ekstrudiranja smanjen na 4,19 µmol/g u ko-ekstrudatu lanika. Kako se iz prikazanih rezultata vidi, zahvaljujući procesu ekstrudiranja sadržaj HCN je bitno smanjen u ko-ekstrudatima u odnosu na sadržaj istog u semenima. Tako u ko-ekstrudatu lana iznosi 23,87 mg/kg u odnosu na seme lana gde je ta vrednost iznosila 177,28 mg/kg, dok u drugim ko-ekstrudatima nije

mogla ni da se utvrdi. U tabeli 5.2.4. prikazan je masnokiselinski sastav ko-ekstrudata lana, lanika i konoplje.

Tabela 5.2.4. Sadržaj masnih kiselina u ko-ekstrudatu lana, lanika i konoplje

Masna kiselina	Udeo masne kiseline (%) u ukupnim masnim kiselinama		
	ko-ekstrudat lana	ko-ekstrudat lanika	ko-ekstrudat konoplje
C16:0 (palmitinska kis.)	5,11 ± 0,06 ^a	5,24 ± 0,10 ^a	6,05 ± 0,02 ^b
C18:0 (stearinska kis.)	3,45 ± 0,01 ^c	2,45 ± 0,04 ^a	2,81 ± 0,01 ^b
C18:1 ω -9 (oleinska kis.)	20,62 ± 0,09 ^c	17,06 ± 0,22 ^b	13,47 ± 0,06 ^a
C18:2 ω -6 (linolna kis.)	13,99 ± 0,12 ^a	18,79 ± 0,06 ^b	54,22 ± 0,02 ^c
C18:3 ω -3(α -linolenska kis.)	56,33 ± 0,30 ^c	34,85 ± 0,43 ^b	19,44 ± 0,03 ^a
C18:3 ω -6 (γ -linolna kis.)	0,24 ± 0,00	/	3,38 ± 0,01
C20:1 ω -9 (gondoinska kis.)	/	14,43 ± 0,05	/
C22:1 ω -9 (eruka kiselina)	/	2,96 ± 0,04	/
SFA	8,82 ± 0,08 ^a	9,03 ± 0,16 ^{ab}	9,49 ± 0,00 ^b
MUFA	20,62 ± 0,09 ^b	34,45 ± 0,20 ^c	13,47 ± 0,06 ^a
PUFA	70,56 ± 0,17 ^b	56,51 ± 0,37 ^a	77,04 ± 0,06 ^c
PUFA/SFA	8,00 ± 0,13 ^b	6,26 ± 0,11 ^a	8,12 ± 0,01 ^b
ω 6	14,23 ± 0,13 ^a	21,66 ± 0,07 ^b	57,6 ± 0,03 ^c
ω 3	56,33 ± 0,30 ^c	34,85 ± 0,43 ^b	19,44 ± 0,03 ^a
ω 6/ ω 3	0,25 ± 0,00 ^a	0,62 ± 0,01 ^b	2,96 ± 0,00 ^c

Vrednosti označene različitom slovnim oznakom u istom redu se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Kako se iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.4. može videti najmanji sadržaj palmitinske masne kiseline ima ko-ekstrudat lana i statistički značajno se razlikuje ($p > 0,05$) od ko-ekstrudata konoplje, dok se od ko-ekstrudata lanika statistički značajno ne razlikuje. Najmanji sadržaj stearinske masne kiseline ima ko-ekstrudat lanika i statistički značajno se razlikuje ($p > 0,05$) od ko-ekstrudata lana i konoplje. Kod sadržaja ukupnih zasićenih masnih kiselina se uočava da se ko-ekstrudat lana statistički značajno razlikuje ($p > 0,05$) od ko-ekstrudata konoplje. Sadržaj oleinske kiseline se statistički značajno razlikuje ($p < 0,05$) između sva tri ko-

ekstrudata, a najveći je kod lana (20,62%). Izuzetno visok sadržaj linolne kiseline ima ko-ekstrudat konoplje (54,22%), dok ko-ekstrudat lana i ko-ekstrudat lanika sadrže 13,99%, odnosno 18,79% i međusobno se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$). Ko-ekstrudat lana sadrži 56,33% α -linolenske kiseline – ALA, ko-ekstrudat lanika 34,85% ove masne kiseline, dok ko-ekstrudat konoplje sadrži statistički značajno najmanji ($p < 0,05$) sadržaj ALA (19,44%) u odnosu na ko-ekstrudat lana i lanika, koji se među sobom takođe statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$). Ko-ekstrudat konoplje sadrži γ -linolnu kiselinu (3,38%), ko-ekstrudat lana sadrži malu količinu ove kiseline (0,24%) dok je ko-ekstrudat lanika uopšte ne sadrži. Ko-ekstrudat lanika sadrži značajnu količinu C20:1 - gondoinske kiseline (14,43%), kao i C22:1 - eruka kiseline (2,96%) koje ko-ekstrudati lana i konoplje ne sadrže. Zbog prisustva velike količine linolne kiseline (77,04%) ko-ekstrudat konoplje ima statistički značajno veći ($p < 0,05$) sadržaj ukupnih polinezasićenih masnih kiselina od ko-ekstrudata lana (20,62%) i lanika (34,45%), dok je odnos PUFA/SFA statistički značajno manji ($p < 0,05$) kod ko-ekstrudata lanika (6,26%) u odnosu na ko-ekstrudat lana (8,00%) i konoplje (8,12%). Takođe, sadržaj omega 6 masnih kiselina je najveći u ko-ekstrudatu konoplje (57,6%), dok je sadržaj omega 3 masnih kiselina najveći u ko-ekstrudatu lana (56,33%). Najmanji odnos omega 6/omega 3 masnih kiselina utvrđen je kod ko-ekstrudata lana i iznosi 0,25, zatim kod ko-ekstrudata lanika 0,62 a najveći sadržaj utvrđen je kod ko-ekstrudata konoplje i iznosi 2,96.

5.2.2. Tehnološke karakteristike kvaliteta jaja

U tabelama od 5.2.5. do 5.2.13. prikazani su rezultati tehnoloških karakteristika kvaliteta jaja, odnosno uticaj dodatka lana, lanika, konoplje, šargarepe i paprike u ishrani kokoši nosilja na masu celih jaja, masu žumanca i belanca, zatim na masu ljuske, debljinu ljuske, Index žumanca, Hogove jedinice, vrednost pH žumanca i belanca.

Masa celih jaja

U tabeli 5.2.5. prikazane su prosečne vrednosti mase celih jaja merenih nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana ishrane kokoši nosilja. Iz prikazanih rezultata vidi se da se masa jaja 10. dana kretala u intervalu od 65,76 g (C1) do 69,88 g (C2), 15. dana u intervalu od 62,71 g (K2) do 69,19 g (C1), zatim 20. dana od 64,60 g (K2) do 69,70 g (K1), 25. dana od 66,52 g (K2) do 72,65 g (H2) i 30. dana od 64,17 g (L2) do 69,82 g (H1). Masa jaja izmerena 15. dana ishrane kokoši nosilja u kontrolnom tretmanu K2 je bila statistički značajno manja ($p < 0,05$) u odnosu na masu jaja izmerenu 25. dana u tretmanu H2 sa dodatkom ko-ekstrudata konoplje, dok statistički značajne razlike ($p > 0,05$) među ostalim vrednostima mase celih jaja tokom svih 30 dana ishrane kokoši nosilja nisu utvrđene.

Tabela 5.2.5. Prosečne vrednosti mase jaja kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, g

Tretma n	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	68,12 ± 7,9 ^{ab}	67,20 ± 6,0 ^{ab}	69,70 ± 7,6 ^{ab}	67,41 ± 5,9 ^{ab}	66,50 ± 4,5 ^{ab}
K2	67,52 ± 4,4 ^{ab}	62,71 ± 4,8 ^a	64,60 ± 7,1 ^{ab}	66,52 ± 5,7 ^{ab}	67,55 ± 4,6 ^{ab}
L1	67,50 ± 2,8 ^{ab}	67,09 ± 3,2 ^{ab}	66,91 ± 4,0 ^{ab}	66,87 ± 3,7 ^{ab}	66,48 ± 3,2 ^{ab}
L2	68,60 ± 6,4 ^{ab}	66,89 ± 5,5 ^{ab}	66,45 ± 5,0 ^{ab}	66,76 ± 3,6 ^{ab}	64,17 ± 6,7 ^{ab}
C1	65,76 ± 5,5 ^{ab}	69,19 ± 6,0 ^{ab}	66,48 ± 6,1 ^{ab}	67,93 ± 5,8 ^{ab}	66,71 ± 5,6 ^{ab}
C2	69,88 ± 6,6 ^{ab}	66,40 ± 1,7 ^{ab}	65,49 ± 3,6 ^{ab}	68,23 ± 7,9 ^{ab}	66,57 ± 7,0 ^{ab}
H1	69,51 ± 7,3 ^{ab}	68,85 ± 3,9 ^{ab}	65,96 ± 5,8 ^{ab}	67,06 ± 6,3 ^{ab}	69,82 ± 6,5 ^{ab}
H2	69,82 ± 5,4 ^{ab}	68,30 ± 8,1 ^{ab}	67,57 ± 6,1 ^{ab}	72,65 ± 6,1 ^b	67,62 ± 3,8 ^{ab}

^{a-b} - vrednosti označene različitim slovnim oznakom se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Masa žumanca

Prosečne vrednosti mase žumanaca merenih nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana ishrane kokoši nosilja prikazane su u tabeli 5.2.6. Iz prikazanih rezultata vidi se da se masa žumanaca 10. dana kretala u intervalu od 16,61 g (L2) do 17,79 g (H2), 15. dana u intervalu od 15,96 g (L2) do 17,61 g (K1), zatim 20. dana od 15,83 g (K2) do 17,30 g (H2), 25. dana od 15,40 g (L1) do 18,16 g (C2) i 30. dana od 16,12 g (L2) do 18,85 g (H1). Najmanja masa žumanca izmerena je 25. dana u tretmanu L1 sa dodatkom 13,5% ko-ekstrudata lana, a najveća 30. dana u tretmanu H1 sa dodatkom 18,4% ko-ekstrudata konoplje. Iz prikazanih rezultata uočavaju se promene u numeričkoj vrednosti mase žumanaca od 10. do 30. dana u svim tretmanima, ali te promene nisu statistički značajne ($p>0,05$).

Tabela 5.2.6. Prosečne vrednosti mase žumanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, g

Tretmani	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	16.66 ± 1.1	17.61 ± 1.6	16.67 ± 1.5	16.10 ± 1.2	17.59 ± 2.1
K2	17.26 ± 1.1	16.34 ± 1.1	15.83 ± 1.3	16.83 ± 1.4	16.81 ± 0.7
L1	16.68 ± 1.4	17.23 ± 1.0	17.21 ± 0.7	15.40 ± 1.2	16.58 ± 1.0
L2	16.61 ± 0.7	15.96 ± 1.6	16.46 ± 0.5	16.98 ± 1.0	16.12 ± 2.3
C1	17.27 ± 1.1	17.34 ± 0.7	16.91 ± 1.1	17.16 ± 2.8	17.65 ± 1.5
C2	17.13 ± 1.1	16.94 ± 1.2	16.61 ± 1.3	18.16 ± 2.4	17.82 ± 2.6
H1	16.91 ± 1.9	16.29 ± 1.3	16.84 ± 1.7	16.98 ± 1.6	18.85 ± 1.3
H2	17.79 ± 1.8	16.98 ± 1.2	17.30 ± 2.1	17.35 ± 1.6	17.40 ± 1.7

*Između vrednosti navedenih u tabeli ne postoji statistički značajna razlika $p>0,05$

Masa belanca

U tabeli 5.2.7. prikazane su prosečne vrednosti mase belanca merenih nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana ishrane kokoši nosilja. Kako se vidi iz prikazanih rezultata, masa belanca 10. dana kretala se u intervalu od 42,35 g (L2) do 48,41 g (H1), 15. dana u intervalu od 39,97 g (K2) do 46,17 g (H1), zatim 20. dana od 39,21 g (K2) do 45,20 g (K1), 25. dana od 41,70 g (L2) do 49,10 g (H2) i 30. dana od 43,26 g (K1) do 47,04 g (H1). Prosečna vrednost mase belanca izmerenih 20. dana u kontrolnom tretmanu K2 (39,21 g) bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od prosečne mase belanca izmerenih 25. dana u tretmanu H2 (49,10 g) sa dodatkom 30,7% ko-ekstrudata konoplje, dok statistički značajne razlike ($p > 0,05$) među ostalim vrednostima mase belanca tokom svih 30 dana ishrane kokoši nosilja nisu utvrđene.

Tabela 5.2.7. Prosečne vrednosti mase belanca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, g

Tretmani	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	44,80 ± 8,6 ^{ab}	45,25 ± 3,9 ^{ab}	45,20 ± 7,6 ^{ab}	41,81 ± 6,2 ^{ab}	43,26 ± 1,9 ^{ab}
K2	42,80 ± 2,7 ^{ab}	39,97 ± 4,5 ^{ab}	39,21 ± 5,5 ^a	44,71 ± 4,9 ^{ab}	44,04 ± 4,3 ^{ab}
L1	44,48 ± 2,7 ^{ab}	43,09 ± 3,1 ^{ab}	42,23 ± 2,9 ^{ab}	42,94 ± 3,5 ^{ab}	44,03 ± 3,9 ^{ab}
L2	42,35 ± 3,7 ^{ab}	40,59 ± 2,2 ^{ab}	40,99 ± 4,2 ^{ab}	41,70 ± 3,1 ^{ab}	46,08 ± 2,2 ^{ab}
C1	43,54 ± 3,7 ^{ab}	42,20 ± 2,3 ^{ab}	44,01 ± 5,0 ^{ab}	45,52 ± 2,5 ^{ab}	43,93 ± 4,1 ^{ab}
C2	46,00 ± 7,9 ^{ab}	42,22 ± 2,7 ^{ab}	41,82 ± 2,9 ^{ab}	47,59 ± 3,7 ^{ab}	44,10 ± 4,4 ^{ab}
H1	48,41 ± 5,7 ^{ab}	46,17 ± 4,2 ^{ab}	40,46 ± 2,8 ^{ab}	46,09 ± 4,1 ^{ab}	47,04 ± 4,3 ^{ab}
H2	44,30 ± 3,9 ^{ab}	44,53 ± 9,4 ^{ab}	40,79 ± 3,5 ^{ab}	49,10 ± 6,1 ^b	44,39 ± 2,8 ^{ab}

^{a-b} –vrednosti označene različitom slovnim oznakom se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Masa ljuske

Prosečne vrednosti masa ljuske merenih nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana ishrane kokoši nosilja prikazane su u tabeli 5.2.8. Iz prikazanih rezultata vidi se da se masa ljuske 10. dana kretala u intervalu od 7,25 g (K2) do 7,93 g (C1), 15. dana u intervalu od 6,77 g (L2) do 7,70 g (K1), zatim 20. dana od 6,42 g (K2) do 7,63 g (L1), 25. dana od 6,91 g (L1) do 7,77 g (H1) i 30. dana od 6,76 g (L1) do 7,82 g (K2). Iz prikazanih rezultata uočavaju se promene u numeričkim vrednostima mase ljuske od 10. do 30. dana u svim tretmanima, ali te promene nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.8. Prosečne vrednosti mase ljuske kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, g

Tretmani	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	7,26 ± 0,7	7,70 ± 1,0	7,23 ± 1,0	7,13 ± 1,2	7,45 ± 0,8
K2	7,25 ± 0,7	7,12 ± 0,4	6,42 ± 0,2	7,70 ± 1,1	7,82 ± 0,9
L1	7,30 ± 0,5	7,31 ± 0,5	7,63 ± 0,5	6,91 ± 0,2	6,76 ± 0,6
L2	7,65 ± 0,8	6,77 ± 0,5	7,16 ± 1,0	7,38 ± 0,3	6,86 ± 0,7
C1	7,93 ± 0,2	7,28 ± 0,4	6,96 ± 1,3	7,72 ± 0,5	7,06 ± 0,3
C2	7,38 ± 0,5	6,84 ± 0,9	7,04 ± 0,4	7,05 ± 0,8	7,19 ± 0,8
H1	7,81 ± 0,6	7,15 ± 0,7	7,21 ± 0,5	7,77 ± 0,5	7,31 ± 1,0
H2	7,69 ± 0,7	6,78 ± 0,6	7,03 ± 0,8	7,62 ± 0,6	7,22 ± 0,5

*Između vrednosti navedenih u tabeli ne postoji statistički značajna razlika $p > 0,05$

Debljina ljuske

Prosečne vrednosti debljine ljuske jaja merenih nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana ishrane kokoši nosilja prikazane su u tabeli 5.2.9. Iz prikazanih rezultata vidi se da se masa ljuske 10. dana kretala u intervalu od 0,35 cm (L2) do 0,40 cm (C1), 15. dana u intervalu od 0,33 cm (C2, H1 i H2) do 0,37 cm (C1), zatim 20. dana od 0,33 cm (K1, K2, C1, C2 i H2) do 0,36 cm (L1), 25. dana od 0,34 cm (L1 i C2) do 0,37 cm (K2) i 30. dana od 0,33 cm (L2, H1 i H2) do 0,35 cm (K2 i C1). Najveća debljina ljuske 0,40 cm zabeležena je 10. dana u tretmanu C1 sa dodatkom 16,6% ko-ekstrudata lanika. Iz prikazanih rezultata uočavaju se promene u numerički vrednostima debljine ljuske od 10. do 30. dana u svim tretmanima, ali te promene nisu statistički značajne ($p>0,05$).

Tabela 5.2.9. Prosečne vrednosti debljine ljuske kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, cm

Tretmani	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	0,36 ± 0,03	0,35 ± 0,03	0,33 ± 0,03	0,35 ± 0,05	0,34 ± 0,05
K2	0,38 ± 0,04	0,35 ± 0,02	0,33 ± 0,02	0,37 ± 0,03	0,35 ± 0,07
L1	0,36 ± 0,03	0,35 ± 0,01	0,36 ± 0,04	0,34 ± 0,03	0,34 ± 0,04
L2	0,35 ± 0,04	0,35 ± 0,04	0,34 ± 0,06	0,36 ± 0,03	0,33 ± 0,05
C1	0,40 ± 0,04	0,37 ± 0,04	0,33 ± 0,05	0,36 ± 0,02	0,35 ± 0,01
C2	0,38 ± 0,02	0,33 ± 0,05	0,33 ± 0,03	0,34 ± 0,03	0,34 ± 0,04
H1	0,38 ± 0,04	0,33 ± 0,04	0,34 ± 0,02	0,35 ± 0,03	0,33 ± 0,03
H2	0,38 ± 0,02	0,33 ± 0,02	0,33 ± 0,01	0,36 ± 0,04	0,33 ± 0,02

*Između vrednosti navedenih u tabeli ne postoji statistički značajna razlika $p>0,05$

Index žumanca

U tabeli 5.2.10. prikazane su prosečne vrednosti Indexa žumanaca merenih nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana ishrane kokoši nosilja. Iz prikazanih rezultata vidi se da se Index žumanaca 10. dana kretao u intervalu od 41,81% (L1) do 44,82% (C2), 15. dana u intervalu od 40,74% (K2) do 46,36% (H2), zatim 20. dana od 41,22% (K2) do 45,07% (H2), 25. dana od 42,47% (L1) do 47,54% (H1) i 30. dana od 40,91% (L1) do 44,76% (K2). Najmanja vrednost Index-a žumanaca izmerena je 15. dana u kontrolnom tretmanu K2, dok je najveća vrednost izmerena 25. dana u tretmanu H1 (sa dodatkom ko-ekstrudata konoplje). Iz prikazanih rezultata uočavaju se promene u numeričkim vrednostima Index-a žumanaca od 10. do 30. dana u svim tretmanima, ali te promene nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.10. Prosečne vrednosti Index-a žumanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, %

Tretman	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	43,90 ± 2,8	42,32 ± 6,1	42,58 ± 2,1	43,22 ± 2,4	40,92 ± 2,3
K2	44,24 ± 2,2	40,74 ± 2,0	41,22 ± 3,0	42,92 ± 2,6	44,76 ± 3,0
L1	41,81 ± 1,3	42,06 ± 2,5	41,55 ± 2,2	42,47 ± 2,5	40,91 ± 2,0
L2	42,64 ± 2,5	43,60 ± 1,3	43,11 ± 2,9	43,18 ± 1,9	44,23 ± 3,7
C1	43,91 ± 1,2	43,12 ± 2,4	42,19 ± 3,2	43,59 ± 4,6	44,14 ± 3,8
C2	44,82 ± 4,3	44,28 ± 2,6	43,37 ± 3,0	45,49 ± 2,4	42,27 ± 4,2
H1	44,32 ± 5,5	45,26 ± 2,5	42,91 ± 3,1	47,54 ± 2,4	42,47 ± 2,7
H2	44,40 ± 4,6	46,36 ± 3,5	45,07 ± 3,2	44,47 ± 1,2	43,83 ± 3,4

*Između vrednosti navedenih u tabeli ne postoji statistički značajna razlika $p > 0,05$

Hogove jedinice

Prosečne vrednosti Hogovih jedinica nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana ishrane kokoši nosilja prikazane su u tabeli 5.2.11. Iz prikazanih rezultata vidi se da su se vrednosti Hogovih jedinica 10. dana kretala u intervalu od 78,46 (K1) do 83,00 (H1), 15. dana u intervalu od 79,26 (K2) do 82,94 (L2), zatim 20. dana od 79,70 (L1) do 82,08 (K2), 25. dana od 80,29 (K2) do 82,72 (H2) i 30. dana od 79,90 (K1) do 83,39 (H2). Najmanja vrednost Hogovih jedinica izmerena je 10. dana u kontrolnom tretmanima K1 a najveća 30. dana u eksperimentalnom tretmanu H2 sa dodatkom ko-ekstrudata konoplje. Iz prikazanih rezultata uočavaju se promene u numeričkim vrednostima Hogovih jedinica od 10. do 30. dana u svim tretmanima, ali te promene nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.11. Prosečne vrednosti Hogovih jedinica kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Tretman	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	78,46 ± 2,0	79,66 ± 2,8	80,35 ± 3,8	80,93 ± 3,1	79,90 ± 3,6
K2	80,41 ± 3,0	79,26 ± 3,2	82,08 ± 2,5	80,29 ± 2,1	81,89 ± 3,4
L1	80,01 ± 2,7	81,77 ± 3,4	79,70 ± 2,3	81,74 ± 5,0	82,04 ± 2,5
L2	79,47 ± 1,8	82,94 ± 1,8	80,29 ± 6,9	81,96 ± 3,4	83,17 ± 2,3
C1	79,61 ± 4,4	79,98 ± 2,7	79,90 ± 2,9	81,15 ± 2,3	81,18 ± 5,9
C2	81,12 ± 3,6	79,47 ± 2,1	80,03 ± 5,8	81,72 ± 2,8	80,02 ± 4,7
H1	83,00 ± 7,1	81,59 ± 11,6	81,07 ± 3,8	82,49 ± 7,4	82,82 ± 2,6
H2	79,81 ± 3,7	81,81 ± 2,6	81,29 ± 5,6	82,72 ± 1,8	83,39 ± 1,7

*Između vrednosti navedenih u tabeli ne postoji statistički značajna razlika $p > 0,05$

Vrednost pH žumanaca

Prosečne vrednosti pH žumanaca merenih nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana ishrane kokoši nosilja prikazane su u tabeli 5.2.12. Iz prikazanih rezultata vidi se da su se vrednosti pH žumanaca 10. dana kretala u intervalu od 5,99 (K1) do 6,05 (H2), 15. dana u intervalu od 5,93 (L1) do 6,08 (H2), zatim 20. dana od 5,95 (K1) do 6,04 (L2), 25. dana od 5,98 (H1) do 6,07 (K2) i 30. dana od 5,95 (H2) do 6,06 (C2 i H1). Iz prikazanih rezultata uočavaju se promene u numeričkim vrednostima pH žumanaca od 10. do 30. dana u svim tretmanima, ali te promene nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.12. Prosečne vrednosti pH žumanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Tretman	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	5,99 ± 0,08	5,94 ± 0,10	5,95 ± 0,07	6,00 ± 0,03	6,04 ± 0,01
K2	6,01 ± 0,05	5,97 ± 0,06	5,98 ± 0,04	6,07 ± 0,05	6,02 ± 0,01
L1	6,00 ± 0,07	5,93 ± 0,09	5,97 ± 0,09	6,04 ± 0,03	6,01 ± 0,03
L2	6,01 ± 0,04	5,99 ± 0,04	6,04 ± 0,08	6,01 ± 0,07	6,04 ± 0,07
C1	6,03 ± 0,05	6,00 ± 0,03	5,98 ± 0,06	6,03 ± 0,05	6,02 ± 0,02
C2	6,02 ± 0,02	6,01 ± 0,05	5,99 ± 0,03	6,01 ± 0,08	6,06 ± 0,04
H1	6,00 ± 0,07	6,06 ± 0,08	6,00 ± 0,02	5,98 ± 0,07	6,06 ± 0,06
H2	6,05 ± 0,03	6,08 ± 0,11	6,02 ± 0,04	6,05 ± 0,02	5,95 ± 0,09

*Između vrednosti navedenih u tabeli ne postoji statistički značajna razlika $p > 0,05$

Vrednost pH belanca

Prosečne vrednosti pH belanaca merenih nakon 10, 15, 20, 25 i 30 dana ishrane kokoši nosilja prikazane su u tabeli 5.2.13. Iz prikazanih rezultata vidi se da su se vrednosti pH belanaca 10. dana kretala u intervalu od 8,70 (H2) do 8,78 (K1), 15. dana u intervalu od 8,70 (K1 i C1) do 8,76 (L1), zatim 20. dana od 8,69 (H2) do 8,76 (C2 i H1), 25. dana od 8,70 (C2) do 8,76 (K2) i 30. dana od 8,69 (L2) do 8,86 (K1). Iz prikazanih rezultata uočavaju se promene u numeričkim vrednostima pH belanaca od 10. do 30. dana u svim tretmanima, ali te promene nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.13. Prosečne vrednosti pH belanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Tretman	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	8,78 ± 0,08	8,70 ± 0,09	8,70 ± 0,13	8,72 ± 0,12	8,86 ± 0,06
K2	8,75 ± 0,09	8,74 ± 0,08	8,72 ± 0,12	8,76 ± 0,07	8,82 ± 0,04
L1	8,76 ± 0,07	8,76 ± 0,14	8,75 ± 0,10	8,71 ± 0,13	8,71 ± 0,10
L2	8,75 ± 0,12	8,74 ± 0,09	8,73 ± 0,08	8,72 ± 0,07	8,69 ± 0,11
C1	8,74 ± 0,11	8,70 ± 0,12	8,74 ± 0,09	8,71 ± 0,09	8,80 ± 0,04
C2	8,76 ± 0,09	8,73 ± 0,09	8,76 ± 0,11	8,70 ± 0,10	8,72 ± 0,06
H1	8,74 ± 0,10	8,73 ± 0,12	8,76 ± 0,07	8,73 ± 0,06	8,77 ± 0,05
H2	8,70 ± 0,07	8,74 ± 0,07	8,69 ± 0,13	8,71 ± 0,15	8,73 ± 0,11

*Između vrednosti navedenih u tabeli ne postoji statistički značajna razlika $p > 0,05$

5.2.3. Boja žumanca

U tabelama od 5.2.14. – 5.2.18. prikazane su promene pokazatelja boje žumanca u celom jajetu, žumancu sa opnom i žumancu bez opne tokom 30 dana ishrane kokoši nosilja sa 1% šargarepe i 0,5% paprike, kao i različitim udelima lana (L1 i L2), lanika (C1 i C2) i konoplje (H1 i H2).

Boja žumanca prema Roche lepezi

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.14. vidi se da su najmanje vrednosti boje prema Roche lepezi utvrđene u žumancima iz kontrolnog tretmana K1, a najveće u žumancima iz kontrolnog tretmana K2 i da su se kretale u intervalu od 8,17 do 13,39 (10. dana), od 7,61 do 13,33 (15. dana), zatim od 8,06 do 13,39 (20. dana), od 8,22 do 13,67 (25. dana) i od 8,28 do 14,17 (30. dana). Vrednost boje žumanaca prema Roche lepezi kod kontrolnog tretmana K1 bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svim ostalim tretmana tokom celog perioda ishrane. Vrednosti boje žumanaca prema Roche lepezi utvrđene kod žumanaca iz tretmana K2 nisu se statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$) od istih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz eksperimentalnih tretmana 10., 15., 20. i 25. dana ishrane kokoši nosilja. Međutim, 30. dana ishrane kokoši nosilja, vrednosti boje prema Roche lepezi utvrđene kod žumanaca iz tretmanu K2 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana (izuzev tretmana C2). Od eksperimentalnih tretmana najmanja vrednost boje prema Roche lepezi utvrđena je 10. dana u žumancima iz tretmana L1 i statistički se značajno razlikovala ($p < 0,05$) od vrednosti boje utvrđene u žumancima iz tretmana H2 (25. dana) i C2 (30. dana). Ostale razlike u vrednostima boje žumanaca određene prema Roche lepezi između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.14. Prosečne vrednosti boje žumanca prema Roche lepezi kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Tretman	Vreme (dani)				
	10	15	20	25	30
K1	8,17 ± 0,9 ^a	7,61 ± 0,5 ^a	8,06 ± 0,6 ^a	8,22 ± 0,8 ^a	8,28 ± 0,9 ^a
K2	13,39 ± 0,7 ^{b-e}	13,33 ± 0,5 ^{b-e}	13,39 ± 0,7 ^{b-e}	13,67 ± 0,8 ^{d-e}	14,17 ± 0,7 ^e
L1	12,50 ± 0,6 ^b	12,67 ± 0,7 ^{bc}	12,78 ± 0,7 ^{b-d}	13,00 ± 0,7 ^{b-d}	12,78 ± 0,7 ^{b-d}
L2	12,78 ± 0,6 ^{bc}	12,93 ± 0,5 ^{b-d}	12,94 ± 0,8 ^{b-d}	13,17 ± 0,7 ^{b-d}	12,78 ± 0,7 ^{b-d}
C1	13,00 ± 0,5 ^{b-d}	13,06 ± 0,5 ^{b-d}	13,00 ± 0,6 ^{b-d}	13,33 ± 0,6 ^{b-e}	12,67 ± 0,7 ^{bc}
C2	12,67 ± 0,7 ^{bc}	12,93 ± 0,6 ^{b-d}	13,06 ± 0,6 ^{b-d}	13,22 ± 0,9 ^{b-e}	13,28 ± 1,1 ^{c-e}
H1	12,72 ± 0,7 ^{bc}	13,00 ± 0,6 ^{b-d}	12,83 ± 0,6 ^{b-d}	13,33 ± 0,8 ^{b-e}	12,89 ± 1,0 ^{b-d}
H2	13,11 ± 0,8 ^{b-d}	12,72 ± 0,7 ^{bc}	12,67 ± 0,8 ^{bc}	13,39 ± 1,0 ^{c-e}	12,89 ± 1,0 ^{b-d}

^{a-e} – vrednosti boje žumanca u istoj koloni označene različitim malim slovom su statistički značajno različite p<0,05

Sadržaj β - karotena u žumancu

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.15. se vidi da se 10. dana sadržaj β -karotena kretao u intervalu od 32,42 $\mu\text{g/g}$ (K1) do 55,83 $\mu\text{g/g}$ (H1). Sadržaj β -karotena je statistički značajno manji ($p < 0,05$) u žumancima iz tretmana K1 u poređenju sa žumancima iz tretmana L1, C1, H1 i H2. U žumancima iz tretmana H1 utvrđene vrednosti sadržaja β -karotena bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od sadržaja β -karotena utvrđenog u žumancima iz tretmana K1, K2, L2 i C2.

Kako se vidi iz rezultata prikazanih u istoj tabeli 15. dana sadržaj β -karotena kretao se u intervalu od 28,41 $\mu\text{g/g}$ u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 do 53,56 $\mu\text{g/g}$ u žumancima iz tretmana L2 sa dodatkom 22,5% ko-ekstrudata lana. Statistički značajno manja ($p < 0,05$) vrednost sadržaja β -karotena utvrđena je u žumancima iz tretmana K1 u poređenju sa istim vrednostima kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Razlike u sadržaju β -karotena u žumancima između ostalih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Sadržaj β -karotena, kako se vidi iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.15, 20. dana kretao se u intervalu od 33,21 $\mu\text{g/g}$ (K1) do 52,87 $\mu\text{g/g}$ (H1) i statistički je značajno manji ($p < 0,05$) u žumancima iz tretmana K1 u odnosu na iste vrednosti kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Razlike u sadržaju β -karotena u žumancima između ostalih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Isti trend je nastavljen i nadalje, tako da su se vrednosti sadržaja β -karotena 25. dana kretale u intervalu od 33,47 $\mu\text{g/g}$ (K1) do 60,61 $\mu\text{g/g}$ (H2), odnosno od 29,97 $\mu\text{g/g}$ (K1) do 58,48 $\mu\text{g/g}$ (H2) 30. dana ishrane kokoši nosilja. Sadržaj β -karotena u žumancima iz tretmana K1, u oba navedena dana ispitivanja, bio je statistički značajno manji ($p < 0,05$) u odnosu na iste vrednosti kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Najveći sadržaj β -karotena (60,61 $\mu\text{g/g}$) koji je postignut 25. dana u žumancima iz tretmana H2 (sa dodatkom 30,7% ko-ekstrudata konoplje) bio je statistički značajno veći ($p < 0,05$) od sadržaja β -karotena u žumancima iz tretmana K1, C1 i C2, dok razlike u sadržaju β -karotena 30. dana između

ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$), osim u odnosu na žumanca iz kontrolnog tretmana K1.

Tabela 5.2.15. Prosečne vrednosti sadržaja β - karotena u žumancu kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, $\mu\text{g/g}$

Tretman	Vreme (dani)				
	10.dan	15.dan	20.dan	25. dan	30.dan
K1	32,42 \pm 2,5 ^{a-c}	28,41 \pm 1,5 ^a	33,21 \pm 1,4 ^{a-d}	33,47 \pm 1,7 ^{a-d}	29,97 \pm 0,4 ^{ab}
K2	43,43 \pm 1,9 ^{c-g}	53,10 \pm 1,3 ^{f-k}	50,38 \pm 3,3 ^{e-k}	55,91 \pm 0,6 ^{h-k}	55,15 \pm 3,3 ^{g-k}
L1	44,41 \pm 0,9 ^{d-h}	51,93 \pm 2,4 ^{e-k}	48,87 \pm 0,9 ^{e-k}	49,70 \pm 4,1 ^{e-k}	50,09 \pm 5,0 ^{e-k}
L2	42,43 \pm 1,4 ^{c-f}	53,56 \pm 4,6 ^{f-k}	50,72 \pm 1,1 ^{e-k}	49,90 \pm 0,7 ^{e-k}	49,25 \pm 3,3 ^{e-k}
C1	44,89 \pm 3,7 ^{d-h}	49,40 \pm 3,4 ^{e-k}	50,42 \pm 0,9 ^{e-k}	47,34 \pm 1,8 ^{e-j}	49,36 \pm 1,6 ^{e-k}
C2	41,14 \pm 2,2 ^{b-e}	46,56 \pm 6,1 ^{e-i}	48,28 \pm 2,0 ^{e-j}	46,67 \pm 2,5 ^{e-i}	48,80 \pm 2,5 ^{e-k}
H1	55,83 \pm 1,8 ^{h-k}	50,35 \pm 3,4 ^{e-k}	52,87 \pm 2,1 ^{e-k}	59,31 \pm 1,6 ^{jk}	53,63 \pm 5,3 ^{f-k}
H2	52,71 \pm 1,4 ^{e-k}	52,04 \pm 4,3 ^{e-k}	52,71 \pm 1,3 ^{e-k}	60,61 \pm 3,4 ^k	58,48 \pm 5,0 ^{ijk}

^{a-k} - vrednosti β - karotena u istoj koloni označene različitim malim slovom su statistički značajno različite $p < 0,05$

Boja žumanca izražena u CIELab sistemu

Boja žumanca biće izražena preko pokazatelja vrednosti svetloće boje (L_1^* , L_2^* i L_3^*), udela crvene/zelene (a_1^* , a_2^* i a_3^*) kao i udela žute/plave boje (b_1^* , b_2^* i b_3^*) za žumance u celom jajetu, za žumance sa opnom i za žumance bez opne.

Vrednosti svetloće boje L_1^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.16. vidi se da su se 10. dana prosečne vrednosti svetloće boje L_1^* utvrđene za žumance u celom jajetu kretale u intervalu od 47,56 (H1) do 53,19 (K1). Vrednost L_1^* kod žumanaca iz tretmana K1 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana (izuzev tretmana L2). Takođe, vrednosti L_1^* bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana H1 u poređenju sa tim vrednostima kod žumanaca iz tretmana L1 i L2. Ostale razlike vrednosti svetloće boje žumanaca između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 15. dana ishrane, vrednosti L_1^* žumanaca kretale u intervalu od 47,77 (H1) do 53,84 (K1). Vrednost L_1^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana K1 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Ostale razlike u vrednosti L_1^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$).

Prosečne vrednosti L_1^* utvrđene za žumance u celom jajetu 20. dana ishrane kretale su se u intervalu od 47,55 (L2 i H2) do 52,17 (K1), dok su se 25. dana kretale u intervalu od 47,23 (H1) do 52,46 (K1) i 30. dana ishrane u intervalu od 47,93 (C2) do 51,47 (K1). Dakle, ishranom kokoši nosilja 20., 25. i 30. dana, nastavljen je isti trend, tako da je najveća vrednost L_1^* utvrđena kod žumanaca iz kontrolnog tretmana K1 i bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti L_1^* utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Vrednosti L_1^* između ostalih ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajno različite ($p > 0,05$).

Vrednosti svetloće boje L_2^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.16. vidi se da su se 10. dana prosečne vrednosti svetloće boje (L_2^*) utvrđene za žumanca sa opnom kretale u intervalu od 49,47 (C2) do 54,07 (K1). Vrednosti L_2^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana K1 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Ostale razlike vrednosti L_2^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 15. dana ishrane, vrednosti svetloće boje žumanaca kretale u intervalu od 47,97 (C1) do 54,94 (K1). Vrednosti L_2^* utvrđene u žumancima iz tretmana K1 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Vrednosti L_2^* bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana C1 u poređenju sa tim vrednostima kod žumanaca iz tretmana L1, L2 i H2. Ostale razlike u vrednosti L_2^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Nadalje, ishranom kokoši nosilja 20., 25. i 30. dana, nastavljen je isti trend, tako da su se prosečne vrednosti L_2^* 20. dana ishrane kretale u intervalu od 48,80 (C2) do 54,56 (K1), 25. dana u intervalu od 48,43 (C2) do 54,37 (K1) i 30. dana ishrane u intervalu od 47,88 (C2) do 54,02 (K1).

Najveća vrednost L_2^* 20., 25. i 30. dana utvrđena kod žumanaca iz kontrolnog tretmana K1 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti svetloće boje utvrđene kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti L_2^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana L1 30. dana. Statistički značajne razlike u vrednosti L_2^* 20. i 25. dana između ispitivanih tretmana nisu uočene ($p > 0,05$).

Vrednosti L_2^* 30. dana ishrane bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana C2 u poređenju sa tim vrednostima kod žumanaca iz tretmana L1, C1 i H2. Ostale razlike u vrednosti L_2^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Vrednosti svetloće boje L_3^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.16. vidi se da su se 10. dana prosečne vrednosti svetloće boje (L_3^*) utvrđene za žumanca bez opne kretale u intervalu od 45,49 (C2) do 50,61 (K1). Vrednost L_3^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana K1 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana. Ostale razlike vrednosti svetloće boje žumanaca između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 15. dana ishrane, vrednosti svetloće boje žumanaca kretale u intervalu od 45,32 (C1) do 51,77 (K1). Vrednost L_3^* utvrđena u žumancima iz tretmanu K1 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Vrednosti L_3^* utvrđene kod žumanaca između tretmana C1 i C2 statistički značajno su se razlikovale ($p < 0,05$). Ostale razlike u vrednosti svetloće boje žumanaca između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Nadalje, ishranom kokoši nosilja 20., 25. i 30. dana, nastavljen je isti trend, tako da su se prosečne vrednosti svetloće boje 20. dana ishrane kretale u intervalu od 45,70 (H2) do 52,31 (K1), 25. dana u intervalu od 45,41 (C2) do 51,27 (K1) i 30. dana ishrane u intervalu od 45,37 (C2) do 50,16 (K1). Najveća vrednost L_3^* postignuta 20., 25. i 30. dana kod žumanaca iz tretmana K1 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od vrednosti L_3^* utvrđene u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti postignute u žumancima iz tretmanu L1 30. dana. Vrednosti L_3^* između ostalih ispitivanih tretmana 20. i 25. dana nisu bile statistički značajno različite ($p > 0,05$). Vrednosti L_3^* 30. dana ishrane bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) kod žumanaca iz tretmana L1 u poređenju sa tim vrednostima kod žumanaca iz tretmana K2 i C2. Ostale razlike u vrednosti L_3^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.16. Prosečne vrednosti svetloće boje (L^*) žumanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Tretman	Vreme	L_1^*	L_2^*	L_3^*
K1	10	53,19 ± 2,0 ^g	54,07 ± 1,6 ^{fgh}	50,61 ± 1,2 ^{fg}
	15	53,84 ± 2,3 ^g	54,94 ± 1,3 ^{gh}	51,77 ± 1,4 ^g
	20	52,17 ± 2,2 ^{efg}	54,56 ± 2,1 ^{gh}	52,31 ± 1,6 ^g
	25	52,46 ± 0,9 ^{fg}	54,37 ± 1,3 ^{gh}	51,27 ± 1,2 ^g
	30	51,47 ± 1,7 ^{defg}	54,02 ± 2,2 ^{efgh}	50,16 ± 1,6 ^{fg}
K2	10	48,26 ± 2,4 ^{abc}	49,76 ± 2,2 ^{abcd}	45,69 ± 2,5 ^{abcde}
	15	48,14 ± 1,8 ^{ab}	49,33 ± 1,5 ^{abcd}	45,95 ± 0,8 ^{abcde}
	20	48,7 ± 0,8 ^{abc}	50,18 ± 0,9 ^{abcd}	46,56 ± 1,6 ^{abcde}
	25	47,76 ± 1,1 ^{ab}	48,80 ± 1,6 ^{abc}	45,69 ± 1,9 ^{abcd}
	30	48,81 ± 1,7 ^{abc}	49,98 ± 1,7 ^{abcd}	45,42 ± 1,7 ^{abcd}
L1	10	50,24 ± 1,3 ^{bcdef}	51,40 ± 1,6 ^{cde}	47,57 ± 1,8 ^{cde}
	15	48,91 ± 1,8 ^{abc}	51,00 ± 1,6 ^{bcd}	46,91 ± 1,7 ^{abcde}
	20	49,88 ± 2,1 ^{abcde}	51,37 ± 1,9 ^{cde}	47,68 ± 1,9 ^{bcde}
	25	48,45 ± 2,2 ^{abc}	49,71 ± 1,8 ^{abcd}	46,28 ± 1,3 ^{abcde}
	30	50,21 ± 2,3 ^{abcde}	51,43 ± 2,3 ^{cdef}	48,23 ± 1,0 ^{ef}
L2	10	50,84 ± 2,2 ^{cdefg}	50,41 ± 2,5 ^{bcd}	46,04 ± 1,9 ^{abcde}
	15	48,92 ± 1,2 ^{abc}	51,00 ± 1,7 ^{bcd}	46,31 ± 2,0 ^{abcde}
	20	47,55 ± 2,8 ^a	49,55 ± 2,5 ^{abcd}	46,09 ± 2,9 ^{abcde}
	25	47,63 ± 1,7 ^a	49,51 ± 1,0 ^{abcd}	46,43 ± 1,1 ^{abcde}
	30	49,42 ± 2,5 ^{abc}	49,93 ± 2,0 ^{abcd}	47,08 ± 1,3 ^{abcde}
C1	10	48,81 ± 2,3 ^{abc}	50,20 ± 1,8 ^{abcd}	46,03 ± 2,2 ^{abcde}
	15	47,94 ± 2,0 ^a	47,97 ± 1,3 ^a	45,32 ± 1,5 ^{abc}
	20	48,40 ± 1,8 ^{abc}	49,31 ± 1,1 ^{abcd}	46,11 ± 1,4 ^{abcde}
	25	48,02 ± 1,5 ^{ab}	49,54 ± 1,5 ^{abcd}	45,67 ± 1,5 ^{abcde}
	30	48,79 ± 2,4 ^{abc}	50,86 ± 2,6 ^{bcd}	45,93 ± 2,7 ^{abcde}
C2	10	48,02 ± 3,2 ^{ab}	49,47 ± 3,6 ^{abcd}	45,49 ± 2,6 ^{abcd}
	15	48,56 ± 1,0 ^{abc}	50,07 ± 0,7 ^{abcd}	47,79 ± 0,9 ^{de}
	20	47,63 ± 1,7 ^{ab}	48,80 ± 1,6 ^{abc}	46,13 ± 1,5 ^{abcde}
	25	48,72 ± 1,7 ^{abc}	48,43 ± 1,6 ^{ab}	45,41 ± 2,4 ^{ab}
	30	47,93 ± 2,0 ^a	47,88 ± 1,9 ^a	45,37 ± 2,9 ^a
H1	10	47,56 ± 1,7 ^a	49,84 ± 1,8 ^{abcd}	46,26 ± 1,6 ^{abcde}
	15	47,77 ± 2,3 ^a	49,45 ± 1,4 ^{abcd}	46,75 ± 1,4 ^{abcde}
	20	47,81 ± 0,9 ^{ab}	49,64 ± 0,9 ^{abcd}	46,06 ± 1,1 ^{abcde}
	25	47,23 ± 2,6 ^a	48,9 ± 2,4 ^{abc}	45,98 ± 2,2 ^{abcde}
	30	47,98 ± 1,2 ^{ab}	49,77 ± 2,0 ^{abcd}	45,77 ± 2,0 ^{abcde}
H2	10	49,01 ± 1,3 ^{abcd}	50,97 ± 2,6 ^{bcd}	46,46 ± 1,7 ^{abcde}
	15	48,90 ± 2,7 ^{abc}	51,51 ± 2,5 ^{de}	47,39 ± 2,7 ^{cde}
	20	47,55 ± 1,8 ^a	49,68 ± 2,4 ^{abcd}	45,70 ± 1,8 ^{abcde}
	25	48,21 ± 3,5 ^{ab}	49,53 ± 3,5 ^{abcd}	45,49 ± 3,5 ^{ab}
	30	48,93 ± 1,6 ^{abc}	50,92 ± 1,4 ^{bcd}	46,68 ± 1,4 ^{abcde}

^{a-h} - vrednosti u istoj koloni označene različitim malim slovom su statistički značajno različite

Vrednosti udela crvene boje a_1^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.17. vidi se da su se 10. dana prosečne vrednosti udela crvene boje (a_1^*) utvrđene za žumance u celom jajetu kretale u intervalu od 1,25 (K1) do 11,43 (K2). Vrednost a_1^* kod žumanaca iz tretmana K1 bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Ostale razlike u vrednosti a_1^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 15. dana ishrane, vrednosti a_1^* kretale u intervalu od 0,07 (K1) do 13,20 (K2). Vrednost a_1^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana K1 bila je statistički značajno manja ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima svih ostalih tretmana. Takođe, prosečna vrednost udela crvene boje utvrđena u žumancima iz kontrolnog tretmana K2 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim u žumancima iz tretmana L2. Ostale razlike u vrednosti a_1^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Prosečne vrednosti udela crvene boje utvrđene za žumance u celom jajetu 20. dana ishrane kretale su se u intervalu od 0,69 (K1) do 12,76 (K2), dok su se 25. dana kretale u intervalu od 1,29 (K1) do 13,73 (K2) i 30. dana ishrane u intervalu od 0,56 (K1) do 13,32 (K2). Vrednosti a_1^* utvrđene u žumancima iz tretmana K1 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana 20, 25. i 30. dana, odnosno tokom celog perioda ishrane. Takođe, vrednosti a_1^* utvrđene u žumancima iz tretmana K2 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana (osim u žumancima iz tretmana L1, L2 i C1 20. dana ishrane i žumancima iz tretmana C2 30. dana ishrane). Ostale razlike u vrednosti udela crvene boje žumanaca između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Vrednosti udela crvene boje a_2^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.17. vidi se da su se 10. dana prosečne vrednosti udela crvene boje a_2^* utvrđene za žumance sa opnom kretale u intervalu od 1,44 (K1) do 12,34 (K2). Vrednosti a_2^* utvrđene u žumancima iz tretmana K1 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Ostale razlike u vrednosti a_2^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 15. dana ishrane, vrednosti udela crvene boje žumanaca sa opnom a_2^* kretale u intervalu od 0,06 (K1) do 14,08 (K2). Vrednosti a_2^* utvrđene u žumancima iz tretmana K1 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Takođe, vrednost udela crvene boje utvrđena kod žumanaca iz kontrolnog tretmana K2 bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana (osim u žumancima iz tretmana L2). Ostale razlike u vrednosti a_2^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Prosečne vrednosti a_2^* utvrđene za žumance sa opnom 20. dana ishrane kretale su se u intervalu od 0,83 (K1) do 13,64 (K2), dok su se 25. dana kretale u intervalu od 1,58 (K1) do 14,67 (K2) i 30. dana ishrane u intervalu od 0,64 (K1) do 14,14 (K2). Vrednosti a_2^* utvrđene u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana 20, 25. i 30. dana, odnosno tokom celog perioda ishrane. Takođe, vrednosti a_2^* utvrđene u žumancima iz kontrolnog tretmana K2 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana (osim u žumancima iz tretmana L1, L2 i C1 20. dana ishrane i u žumancima iz tretmana C2 30. dana ishrane). Ostale razlike u vrednosti a_2^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Vrednosti udela crvene boje a_3^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.17. vidi se da su se 10. dana prosečne vrednosti udela crvene boje a_3^* utvrđene za žumance bez opne kretale u intervalu od 2,05 (K1) do 14,66 (H1). Vrednosti a_3^* utvrđene u žumancima iz tretmana K1 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Ostale razlike u vrednosti a_3^* između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 15. dana ishrane, vrednosti a_3^* kretale u intervalu od 0,98 (K1) do 17,54 (K2). Vrednosti a_3^* utvrđene u žumancima iz tretmana K1 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Takođe, vrednosti udela crvene boje utvrđene u žumancima iz kontrolnog tretmana K2 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana (osim u žumancima iz tretmana L1, L2 i C1). Ostale razlike u vrednosti a_3^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$).

Prosečne vrednosti a_3^* utvrđene za žumanca bez opne 20. dana ishrane kretale su se u intervalu od 1,17 (K1) do 16,49 (K2), dok su se 25. dana kretale u intervalu od 2,84 (K1) do 18,07 (K2) i 30. dana ishrane u intervalu od 1,82 (K1) do 17,75 (K2). Vrednosti a_3^* utvrđene u žumancima iz tretmana K1 bile su statistički značajno manje ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana 20, 25. i 30. dana, odnosno tokom celog perioda ishrane. Vrednosti a_3^* utvrđene 20. dana u žumancima iz kontrolnog tretmana K2 nisu bile statistički značajno različite ($p > 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana (osim u žumancima iz tretmana K1 i H2), dok se 25. i 30. dana statistički značajno razlikovala ($p < 0,05$) od vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana (osim u žumancima iz tretmana C2 i H2 25. dana i tretmana C2 30. dana). Ostale razlike u vrednosti a_3^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.17. Prosečne vrednosti udela crvene boje (a^*) žumanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Tretman	Vreme	a_1^*	a_2^*	a_3^*
K1	10	1,25 ± 1,5 ^a	1,44 ± 1,5 ^a	2,05 ± 1,3 ^a
	15	0,07 ± 0,6 ^a	0,06 ± 0,7 ^a	0,98 ± 0,8 ^a
	20	0,69 ± 1,3 ^a	0,83 ± 1,2 ^a	1,17 ± 1,4 ^a
	25	1,29 ± 1,3 ^a	1,58 ± 1,3 ^a	2,84 ± 1,4 ^a
	30	0,56 ± 0,8 ^a	0,64 ± 1,0 ^a	1,82 ± 1,0 ^a
K2	10	11,43 ± 1,8 ^{bcdef}	12,34 ± 1,7 ^{cdef}	14,49 ± 2,5 ^{bcdef}
	15	13,2 ± 0,9 ^{efg}	14,08 ± 1,2 ^{efg}	17,54 ± 1,4 ^{ghi}
	20	12,76 ± 1,2 ^{defg}	13,64 ± 1,5 ^{defg}	16,49 ± 1,6 ^{fghi}
	25	13,73 ± 1,3 ^g	14,67 ± 1,7 ^g	18,07 ± 1,5 ⁱ
	30	13,32 ± 0,7 ^{fg}	14,14 ± 1,2 ^{fg}	17,75 ± 1,5 ^{hi}
L1	10	9,61 ± 1,9 ^{bc}	10,38 ± 2,2 ^{bc}	12,48 ± 2,2 ^b
	15	10,88 ± 1,7 ^{bcd}	11,76 ± 1,9 ^{bcd}	14,73 ± 2,7 ^{bcdefg}
	20	10,74 ± 1,5 ^{bcde}	11,71 ± 1,8 ^{bcde}	14,77 ± 2,4 ^{cdefgh}
	25	10,66 ± 1,0 ^{bc}	11,29 ± 1,4 ^{bc}	14,49 ± 1,3 ^{bcdef}
	30	9,96 ± 1,6 ^{bc}	11,38 ± 1,4 ^{bcd}	14,19 ± 1,7 ^{bcdef}
L2	10	9,64 ± 1,2 ^{bc}	11,01 ± 1,8 ^{bc}	13,22 ± 2,0 ^{bcd}
	15	11,01 ± 0,7 ^{bcde}	12,19 ± 1,1 ^{bcdef}	15,47 ± 1,5 ^{defgh}
	20	10,88 ± 1,7 ^{bcd}	11,66 ± 1,8 ^{bcd}	14,87 ± 2,0 ^{bcdefg}
	25	10,72 ± 1,7 ^{bc}	11,61 ± 1,8 ^{bcd}	15,07 ± 2,1 ^{cdefg}
	30	10,26 ± 2,0 ^{bc}	11,36 ± 1,6 ^{bc}	14,42 ± 2,8 ^{bcdefg}
C1	10	10,49 ± 0,8 ^{bc}	11,16 ± 0,6 ^{bc}	13,98 ± 1,5 ^{bcdef}
	15	10,17 ± 1,2 ^{bc}	10,76 ± 1,4 ^{bc}	14,76 ± 1,5 ^{bcdefg}
	20	11,03 ± 1,3 ^{bcde}	11,65 ± 1,5 ^{bcd}	15,35 ± 2,1 ^{defgh}
	25	10,71 ± 1,3 ^{bc}	11,54 ± 1,2 ^{bcd}	15,05 ± 0,6 ^{cdefgh}
	30	9,61 ± 1,0 ^{bc}	10,47 ± 1,2 ^{bc}	14,03 ± 1,6 ^{bcdef}
C2	10	9,47 ± 1,6 ^b	10,50 ± 1,7 ^{bc}	12,84 ± 2,0 ^{bc}
	15	9,72 ± 1,3 ^{bc}	10,55 ± 1,3 ^{bc}	13,83 ± 1,7 ^{bcde}
	20	10,31 ± 1,8 ^{bc}	10,87 ± 1,7 ^{bc}	14,36 ± 1,8 ^{bcdef}
	25	10,09 ± 2,0 ^{bcdef}	11,58 ± 1,4 ^{bcde}	14,54 ± 2,3 ^{cdefghi}
	30	10,90 ± 3,2 ^{cdefg}	12,07 ± 3,0 ^{bcdef}	14,74 ± 3,9 ^{efghi}
H1	10	10,68 ± 2,2 ^{bc}	11,72 ± 2,7 ^{bcd}	14,66 ± 2,5 ^{bcdef}
	15	10,04 ± 1,1 ^{bc}	11,15 ± 1,4 ^{bc}	14,10 ± 1,3 ^{bcdef}
	20	9,76 ± 1,2 ^{bc}	10,52 ± 1,5 ^{bc}	14,23 ± 1,5 ^{bcdef}
	25	10,56 ± 1,3 ^{bc}	11,85 ± 1,5 ^{bcde}	14,91 ± 1,9 ^{bcdefg}
	30	9,83 ± 2,2 ^{bc}	10,68 ± 2,6 ^{bc}	14,30 ± 2,9 ^{bcdef}
H2	10	10,74 ± 1,6 ^{bcde}	11,25 ± 1,8 ^{bcd}	14,00 ± 1,4 ^{bcdef}
	15	9,51 ± 1,0 ^b	10,15 ± 1,0 ^b	13,54 ± 1,7 ^{bcde}
	20	9,72 ± 1,8 ^{bc}	10,37 ± 1,8 ^{bc}	13,95 ± 1,2 ^{bcde}
	25	10,53 ± 2,1 ^{bcd}	11,94 ± 2,5 ^{bcdef}	15,09 ± 3,3 ^{efghi}
	30	10,26 ± 2,0 ^{bc}	10,84 ± 2,2 ^{bc}	15,01 ± 2,4 ^{cdefg}

^{a-i} - vrednosti u istoj koloni označene različitim malim slovom su statistički značajno različite

Vrednosti udela žute boje b_1^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.18. vidi se da su se 10. dana prosečne vrednosti udela žute boje b_1^* utvrđene za žumance u celom jajetu kretale u intervalu od 34,88 (C2) do 42,43 (K1). Prosečne vrednosti b_1^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana K1 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana L1, L2 i H2. Ostale razlike u vrednosti b_1^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$).

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 15. dana ishrane, vrednosti b_1^* kretale u intervalu od 35,67 (C1) do 40,15 (K1). Prosečne vrednosti b_1^* utvrđene kod žumanaca iz tretmana K1 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz tretmana C1, C2 i H1. Ostale razlike u vrednosti b_1^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$).

Prosečne vrednosti b_1^* utvrđene za žumance u celom jajetu 20. dana ishrane kretale su se u intervalu od 36,61 (K2) do 40,36 (K1), dok su se 25. dana kretale u intervalu od 34,22 (H1) do 39,84 (K1) i 30. dana ishrane u intervalu od 34,88 (C2) do 38,64 (L1). Prosečne vrednosti b_1^* utvrđene 25. dana kod žumanaca iz tretmana K1 bile su statistički značajno veće ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz tretmana C2, H1 i H2. Ostale razlike u vrednosti b_1^* između ispitivanih tretmana 20, 25. i 30. dana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Vrednosti udela žute boje b_2^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.18. vidi se da su se 10. dana prosečne vrednosti udela žute boje b_2^* , utvrđene za žumance sa opnom, kretale u intervalu od 37,59 (C2) do 44,48 (K1). Vrednosti b_2^* utvrđene u žumancima iz tretmana K1 i L2 bile su statistički značajno različite ($p < 0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz tretmana K2, C1 i C2, osim između žumanaca iz tretmana L2 i C1 gde nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p > 0,05$). Takođe, statistički značajne razlike ($p < 0,05$) u

vrednosti b_2^* utvrđene su između žumanaca iz tretmana L1 i C2. Ostale razlike u vrednosti b_2^* između ispitanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$).

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 15. dana ishrane, vrednosti b_2^* žumanaca kretale u intervalu od 37,08 (C1) do 43,52 (K1). Vrednost b_2^* utvrđena u žumancima iz tretmana C1 bila je statistički značajno manja ($p<0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz tretmana K1, L1, L2 i H2. Ostale razlike u vrednosti b_2^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$).

Prosečne vrednosti b_2^* utvrđene 20. dana ishrane kretale su se u intervalu od 39,01 do 43,67 20. dana, 25. dana od 37,87 do 44,32 25. dana i 30. dana od 36,62 do 43,71. Najmanje prosečne vrednosti b_2^* za žumance sa opnom 20, 25. i 30. dana utvrđene su kod žumanaca iz tretmana C2 dok su najveće vrednosti utvrđene u žumancima iz kontrolnog tretmana K1. Razlike u vrednosti b_2^* kod žumanaca između ispitivanih tretmana 20. dana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$), dok se 25. dana, vrednost b_2^* utvrđena u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 statistički značajno razlikovala ($p<0,05$) od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana K2, C1 i H2. Nadalje, 30. dana vrednost b_2^* utvrđena u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 bila je statistički značajno veća ($p<0,05$) od te vrednosti utvrđene u žumancima iz tretmana C2. Takođe, vrednost udela žute boje utvrđena u žumancima iz tretmana C2 se statistički značajno razlikovala ($p<0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz tretmana K1, L1, H1 i H2. Ostale razlike vrednosti b_2^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$).

Vrednosti udela žute boje b_3^*

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.18. vidi se da su se vrednosti udela žute boje b_3^* , utvrđene za žumance bez opne, 10. dana kretale u intervalu od 47,29 (C2) do 53,08 (K1). Vrednost b_3^* utvrđena u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 bila je statistički značajno veća ($p<0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz tretmana K2, L2, C1 i

C2. Ostale razlike u vrednosti b_3^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$).

Iz rezultata prikazanih u istoj tabeli vidi se da su se 15. dana ishrane, vrednosti b_3^* žumanaca kretale u intervalu od 47,90 (C1) do 52,63 (K1). Vrednost b_3^* utvrđena u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 bila je statistički značajno veća ($p<0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz tretmana K2 i C1. Takođe, razlike u vrednosti b_3^* kod žumanaca između tretmana C1 i H2 bile su statistički značajne ($p<0,05$). Ostale razlike u vrednosti b_3^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$).

Prosečne vrednosti udela žute boje utvrđene za žumance bez opne, 20. dana ishrane, kretale su se u intervalu od 48,80 (C2) do 54,19 (K1), 25. dana u intervalu od 47,26 (H1) do 54,84 (K1) i 30. dana ishrane u intervalu od 48,27 (C2) do 52,81 (L1). Vrednost b_3^* utvrđena u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 bila je statistički značajno veća ($p<0,05$) od tih vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana 20. i 25. dana, osim vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana L1 20. dana. Međutim, 30. dana ishrane, vrednost b_3^* utvrđena kod žumanaca iz kontrolnog tretmana K1 nije se statistički značajno razlikovala od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz svih ostalih tretmana, osim kod žumanaca iz tretmana C2. Takođe, vrednost b_3^* utvrđena kod žumanaca iz tretmana C2 statistički značajno se razlikovala ($p<0,05$) od tih vrednosti utvrđenih kod žumanaca iz tretmana L1 i H2. Ostale razlike u vrednosti b_3^* između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$).

Tabela 5.2.18. Prosečne vrednosti udela žute boje (b^*) žumanaca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Tretman	vreme	b_1^*	b_2^*	b_3^*
K1	10	42,43 ± 3,1 ^h	44,48 ± 4,3 ^j	53,08 ± 2,2 ^{g-i}
	15	40,15 ± 2,8 ^{gh}	43,52 ± 2,4 ^{g-j}	52,63 ± 2,5 ^{e-i}
	20	40,36 ± 3,4 ^{e-h}	43,67 ± 3,4 ^{e-j}	54,19 ± 2,9 ^{hi}
	25	39,84 ± 3,1 ^{d-h}	44,32 ± 1,8 ^{ij}	54,84 ± 2,3 ⁱ
	30	38,08 ± 3,2 ^{b-h}	43,71 ± 2,7 ^{h-j}	52,66 ± 2,8 ^{f-i}
K2	10	37,07 ± 2,8 ^{a-g}	38,77 ± 3,7 ^{a-e}	47,50 ± 2,9 ^a
	15	37,82 ± 2,9 ^{a-g}	41,57 ± 3,6 ^{b-j}	48,00 ± 1,4 ^{a-d}
	20	36,61 ± 4,4 ^{a-g}	39,80 ± 3,2 ^{a-h}	49,86 ± 2,3 ^{a-g}
	25	36,88 ± 3,4 ^{a-g}	40,08 ± 3,5 ^{a-i}	49,30 ± 2,8 ^{a-e}
	30	36,20 ± 3,8 ^{a-f}	39,04 ± 3,6 ^{a-f}	49,34 ± 2,0 ^{a-f}
L1	10	39,82 ± 1,9 ^{d-h}	41,83 ± 2,3 ^{d-j}	49,81 ± 2,0 ^{a-g}
	15	37,15 ± 2,0 ^{a-g}	41,90 ± 2,6 ^{d-j}	49,47 ± 2,5 ^{a-g}
	20	39,05 ± 2,6 ^{c-h}	42,49 ± 2,7 ^{d-j}	51,89 ± 2,4 ^{c-i}
	25	35,77 ± 2,7 ^{a-d}	39,26 ± 2,6 ^{a-g}	49,62 ± 2,1 ^{a-g}
	30	38,64 ± 2,5 ^{a-g}	43,08 ± 2,2 ^{f-j}	52,81 ± 1,7 ^{f-i}
L2	10	40,47 ± 3,4 ^{f-h}	42,73 ± 2,7 ^{f-j}	48,13 ± 2,2 ^{a-e}
	15	37,68 ± 3,1 ^{a-g}	42,97 ± 2,8 ^{e-j}	48,63 ± 2,6 ^{a-e}
	20	37,26 ± 3,2 ^{a-g}	41,57 ± 4,2 ^{c-j}	49,21 ± 3,7 ^{a-f}
	25	35,89 ± 2,3 ^{a-d}	39,64 ± 2,4 ^{a-h}	49,73 ± 1,2 ^{a-g}
	30	37,69 ± 4,8 ^{a-g}	40,59 ± 4,9 ^{a-j}	51,07 ± 2,0 ^{a-h}
C1	10	37,34 ± 3,0 ^{a-g}	39,84 ± 1,9 ^{a-h}	47,39 ± 5,2 ^{ab}
	15	35,67 ± 2,2 ^{a-c}	37,08 ± 1,7 ^{ab}	47,90 ± 2,7 ^{ab}
	20	37,27 ± 3,4 ^{a-g}	40,24 ± 2,4 ^{a-i}	49,35 ± 2,0 ^{a-f}
	25	36,48 ± 2,6 ^{a-g}	40,26 ± 2,5 ^{a-j}	48,25 ± 2,2 ^{a-e}
	30	36,17 ± 4,1 ^{a-e}	40,05 ± 4,7 ^{a-h}	49,39 ± 3,9 ^{a-f}
C2	10	34,88 ± 5,6 ^{a-c}	37,59 ± 4,1 ^{a-c}	47,29 ± 3,4 ^a
	15	35,87 ± 2,1 ^{a-d}	40,03 ± 2,0 ^{a-i}	51,33 ± 1,7 ^{b-i}
	20	36,84 ± 2,9 ^{a-g}	39,01 ± 2,8 ^{a-f}	48,80 ± 2,2 ^{a-e}
	25	34,43 ± 2,8 ^{a-c}	37,87 ± 3,7 ^{a-d}	47,76 ± 2,6 ^{a-c}
	30	34,88 ± 3,5 ^{a-c}	36,62 ± 3,1 ^a	48,27 ± 2,2 ^{a-d}
H1	10	36,45 ± 2,3 ^{a-g}	40,45 ± 3,6 ^{a-j}	49,98 ± 2,9 ^{a-g}
	15	35,69 ± 4,0 ^{a-c}	39,52 ± 2,5 ^{a-h}	51,02 ± 2,2 ^{a-h}
	20	37,18 ± 3,0 ^{a-g}	41,04 ± 3,2 ^{b-j}	49,80 ± 1,7 ^{a-g}
	25	34,22 ± 3,2 ^a	38,36 ± 3,2 ^{a-d}	47,26 ± 4,8 ^a
	30	37,91 ± 2,0 ^{a-g}	41,87 ± 2,5 ^{d-j}	49,86 ± 2,6 ^{a-g}
H2	10	37,99 ± 2,8 ^{b-h}	42,00 ± 2,8 ^{c-j}	49,69 ± 2,5 ^{a-h}
	15	37,57 ± 3,5 ^{a-g}	42,57 ± 4,8 ^{e-j}	51,44 ± 4,2 ^{d-i}
	20	37,60 ± 3,1 ^{a-g}	41,68 ± 2,5 ^{c-j}	49,45 ± 2,3 ^{a-g}
	25	35,02 ± 5,2 ^{ab}	40,12 ± 4,7 ^{a-i}	49,16 ± 4,8 ^{a-e}
	30	37,12 ± 2,3 ^{a-g}	42,56 ± 2,0 ^{e-j}	51,69 ± 1,7 ^{e-i}

^{a-i} - vrednosti u istoj koloni označene različitim malim slovom su statistički značajno različite

5.2.4. Sadržaj masnih kiselina u žumancima

U tabelama 5.2.19. – 5.2.21. su prikazani rezultati merenja masnokiselinskog sastava žumanaca tokom drugog biološkog ogleada gde su kokoši nosilje hranjene kontrolnim smešama (K1 i K2) i smešama obogaćenim različitim količinama ko-ekstrudata lana (L1 i L2), lanika (C1 i C2) i konoplje (H1 i H2).

Sadržaj masnih kiselina u žumancima dobijenim ishranom kokoši nosilja ko-ekstrudatom na bazi semena lana

Kako se može videti iz tabele 5.2.19. najzastupljenije zasićene masne kiseline u žumancu su palmitinska C16:0 i stearinska C18:0, dok su slabije zastupljene miristinska C14:0 i behenska C22:0.

Prosečne srednje vrednosti za miristinsku i behensku kiselinu kretale su se 10. dana u intervalu od 0,24% (L2) do 0,33% (K1) i od 0,13% (L2) do 0,25% (K2), respektivno. Razlike u sadržaju ovih kiselina u žumancima između ispitivanih tretmana 10. dana nisu statistički značajne ($p>0,05$).

Iz prikazanih rezultata u tabeli 5.2.19. uočen je isti trend sadržaja ove dve masne kiseline u žumancima tokom celog perioda ishrane, tako da su se vrednosti 15. dana kretala u intervalu od 0,24% (L2) do 0,32% (K1) za miristinsku kiselinu, odnosno od 0,11% (L2) do 0,32% (K2) za behensku; 20. dana u intervalu od 0,25% (L1 i L2) do 0,31% (K2) za miristinsku kiselinu, odnosno od 0,11% (L2) do 0,28% (K1) za behensku kiselinu; 25. dana u intervalu od 0,24% (L1 i L2) do 0,29% (K2) za miristinsku kiselinu, odnosno od 0,11% (L2) do 0,28% (K1) za behensku kiselinu i 30. dana u intervalu od 0,22% (L2) do 0,31% (K1) za miristinsku kiselinu, odnosno od 0,11% (L1) do 0,26% (K1 i K2) za behensku kiselinu. Iz prikazanih rezultata može se uočiti da je sadržaj miristinske kiseline statistički značajno veći ($p<0,001$) u žumancima iz tretmana K2 u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2

(25. dana), dok tokom ostalih dana u žumancima između ispitivanih tretmana nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Takođe, sadržaj behenske kiseline u žumancima iz tretmana K1 i K2 je statistički značajno različit ($p < 0,001$) od sadržaja ove kiseline u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2 (20. i 25. dana), osim između K2 i L1 (25. dana). Razlike u sadržaju behenske kiseline u žumancima između ostalih ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$). Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.19. na sadržaj miristinske i behenske kiseline statistički značajno ($p < 0,001$) je uticao tretman, odnosno dodatak ko-ekstrudata lana, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nije uticao statistički značajno ($p > 0,05$).

Sadržaj palmitinske kiseline u žumancima 10. dana kretao se u intervalu od 19,38% (L2) do 28,14% (K1); 15. dana od 19,41% (L2) do 27,60% (K2); 20. dana u intervalu od 19,50% (L2) do 28,61% (K1); 25. dana u intervalu od 19,78% (L2) do 28,77% (K1) i 30. dana u intervalu od 19,55% (L2) do 28,26% (K1). Vrednosti sadržaja palmitinske kiseline u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2, tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja, bile su statistički značajno niže ($p < 0,001$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2. Razlike između ostalih ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$). Takođe iz rezultata prikazanih u istoj tabeli se vidi da je dodatak ko-ekstrudata lana značajno uticao na smanjenje ove zasićene masne kiseline u žumancima, odnosno da je uticaj tretmana statistički značajan ($p < 0,001$), dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nije uticao statistički značajno ($p > 0,05$).

U istoj tabeli prikazane su i prosečne srednje vrednosti sadržaja stearinske kiseline (C18:0) u žumancima. Iz prikazanih rezultata vidi se da se sadržaj stearinske kiseline u žumancima 10. dana kretao u intervalu od 9,14% (L1) do 10,34% (K2); 15. dana od 9,15% (L2) do 10,71% (K2); 20. dana u intervalu od 9,57% (L2) do 11,05% (K1); 25. dana u intervalu od 8,92% (L2) do 11,77% (K1) i 30. dana u intervalu od 8,27% (L1) do 11,46% (K2). Razlike u vrednosti sadržaja stearinske kiseline u žumancima

između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$), odnosno na sadržaj ove zasićene masne kiseline u žumancima nije uticao statistički značajno ($p>0,05$) tretman, vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman.

Vrednosti sadržaja ukupnih SFA u žumancima kretale su se 10. dana u intervalu od 29,35% (L2) do 38,27% (K1); 15. dana od 28,91% (L2) do 38,88% (K2); 20. dana u intervalu od 29,44% (L2) do 40,24% (K1); 25. dana u intervalu od 29,06% (L2) do 41,17% (K1) i 30. dana u intervalu od 28,78% (L1) do 40,21% (K1). Prosečne srednje vrednosti ukupnog sadržaja zasićenih masnih kiselina su bile statistički značajno niže ($p<0,001$) u žumancima iz tretmana L1 i L2 u odnosu na vrednosti ovih kiselina u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2, osim između K1 i L1 (15. dana), kao i između K2 i L1 (25. dana). Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.19. tretman, odnosno dodatak ko-ekstrudata lana, je statistički značajno ($p<0,001$) uticao na smanjenje sadržaja ukupnih zasićenih masnih kiselina (SFA) u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu statistički značajno uticali ($p>0,05$) na ovu vrednost.

Nadalje, iz rezultata prikazanih u istoj tabeli se vidi da je oleinska kiselina C18:1 ω -9 najzastupljenija mononezasićena masna kiselina u žumancu, dok je palmitoleinska kiselina C16:1 ω -7 nešto manje zastupljena.

Sadržaj palmitoleinske kiseline (C16:1) 10. dana bio je najmanji u žumancima iz kontrolnog tretmana K2 (1,94%), a najveći u žumancima iz eksperimentalnog tretmana L1 (2,73%). Nadalje, tokom perioda ishrane je uočen isti trend u sadržaju ove masne kiseline u žumancima, tako da su se vrednosti 15. dana kretala u intervalu od 1,78% (K2) do 2,74% (L1); 20. dana u intervalu od 1,94% (K2) do 2,50% (L1); 25. dana u intervalu od 2,02% (K2) do 2,84% (L1) i 30. dana u intervalu od 1,72% (K2) do 2,88% (L1). Vrednosti sadržaja palmitoleinske kiseline bile su statistički značajno niže ($p<0,001$) u žumancima iz tretmana K2 u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz tretmana K1 i L1 (10. dana) i L1 (15. i 30. dana). Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.19. na sadržaj palmitoleinske kiseline statistički značajno je uticao tretman, odnosno

dodatak ko-ekstrudata lana, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nije uticao statistički značajno ($p>0,05$).

Vrednosti sadržaja oleinske kiseline u žumancima kretale su se 10. dana u intervalu od 42,45% (K2) do 46,97% (L1); 15. dana od 40,72% (K2) do 45,67% (L2); 20. dana u intervalu od 41,60% (K1) do 46,48% (L1), 25. dana u intervalu od 39,47% (K1) do 45,27% (L1) i 30. dana u intervalu od 41,85% (K2) do 47,32% (L1). Sadržaj oleinske kiseline u žumancima iz tretmana L1, 30. dana ishrane kokoši nosilja bio je statistički značajno veći ($p<0,001$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz tretmana K1 i K2. Ostale razlike u sadržaju oleinske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p>0,05$). Kako se vidi iz prikazanih rezultata na sadržaj oleinske kiseline u žumancima nisu uticali vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman, ali je tretman uticao, odnosno dodatak ko-ekstrudata lana u ishranu kokoši nosilja vrednost ove masne kiseline se povećala.

Prosečne srednje vrednosti ukupnih mononezasićenih masnih kiselina (MUFA) u žumancima su se kretale u intervalu od 44,39% (K2) do 49,71% (L1) 10. dana, od 42,49% (K2) do 48,15% (L2) 15. dana, od 43,94% (K1) do 48,98% (L1) 20. dana, od 41,53% (K1) do 48,11% (L1) 25. dana i od 43,97% (K2) do 50,20% (L1) 30. dana. Sadržaj ukupnih mononezasićenih masnih kiselina u žumancima iz tretmana L1, 30. dana ishrane kokoši nosilja bio je statistički značajno viši ($p<0,001$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz tretmana K1 i K2. Ostale razlike u sadržaju mononezasićenih masnih kiselina u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p>0,05$). Dodatak ko-ekstrudata lana je statistički značajno ($p<0,001$) uticao na povećanje sadržaja ukupnih mononezasićenih masnih kiselina (MUFA) u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu statistički značajno uticali ($p>0,05$).

Nadalje, iz iste tabele se vidi da su najzastupljenije polinezasićene masne kiseline u žumancima, linolna C18:2 ω -6, zatim α -linolenska (ALA, C18:3 ω -3), dok su eikozapentaenska (EPA, C20:5 ω -3) i dokozaheksaenska (DHA, C22:6 ω -3) kiselina, zastupljene u manjoj meri.

Sadržaj linolne kiseline u žumancima, 10. dana kretao u intervalu od 12,09% (L1) do 15,92% (K2); 15. dana od 11,89% (L2) do 16,67% (K2); 20. dana od 12,04% (L1) do 16,12% (K2), 25. dana od 12,13% (L1) do 15,97% (K2) i 30. dana u intervalu od 11,25% (L2) do 14,90% (K2). Sadržaj linolne kiseline 10., 15. i 20. dana ishrane kokoši nosilja bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) u žumancima iz kontrolnih tretmana K2 u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2. Takođe, sadržaj linolne kiseline bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2. (20. dana), a statistički značajno manji ($p < 0,001$) u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz kontrolnog tretmana K2. Ostale razlike u sadržaju linolne kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kako se vidi iz prikazanih rezultata na sadržaj linolne kiseline u žumancima nisu uticali vreme hranjenja (dan) i dan x tretman, ali je tretman uticao, odnosno dodatak ko-ekstrudata lana u ishranu kokoši nosilja vrednost ove masne kiseline se smanjila.

Dalje, iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.19. vidi se da se sadržaj α -linolenske kiseline (C18:3 ω -3) u žumancima, 10. dana kretao u intervalu od 0,65% (K1) do 8,02% (L2); 15. dana od 0,79% (K1) do 8,34% (L2); 20. dana od 0,73% (K1) do 8,23% (L2), 25. dana od 0,85% (K1) do 8,70% (L2) i 30. dana u intervalu od 0,77% (K1) do 8,87% (L2).

Sadržaj α -linolenske kiseline u žumancima iz eksperimentalnog tretmana L2 bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2, kao i iz eksperimentalnog tretmana L1 tokom celog perioda ishrane, osim 15. dana. Ostale razlike u sadržaju α -linolenske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kako se vidi iz prikazanih rezultata na sadržaj α -linolenske kiseline u žumancima nisu uticali vreme hranjenja (dan) i dan x tretman, ali je tretman uticao, odnosno dodatak ko-ekstrudata lana u ishranu kokoši nosilja vrednost ove masne kiseline se povećala.

Nadalje, u istoj tabeli 5.2.19. prikazane su i prosečne srednje vrednosti eikozapentaenske kiseline (EPA, C20:5 ω -3) u žumancima, čije su se vrednosti kretale 10. dana u intervalu od 0,04% (K1) do 0,20% (L2); 15. dana od 0,06% (K2) do 0,22% (L2); 20. dana od 0,05% (K1 i K2) do 0,19% (L1 i L2), 25. dana od 0,04% (K2) do 0,23% (L2) i 30. dana u intervalu od 0,03% (K1) do 0,21% (L2). Razlike u sadržaju EPA kiseline u žumancima između eksperimentalnih (L1 i L2) i kontrolnih tretmana (K1 i K2) bile su statistički značajne ($p < 0,001$) tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja. Ostale razlike u sadržaju EPA kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kako se vidi iz prikazanih rezultata na sadržaj eikozapentaenske kiseline u žumancima nisu uticali vreme hranjenja (dan) i dan x tretman, ali je tretman uticao, odnosno dodatak ko-ekstrudata lana u ishranu kokoši nosilja vrednost ove masne kiseline se povećala.

Dalje, iz prikazanih rezultata u tabeli 5.2.19. vidi se da se sadržaj DHA kiseline u žumancima 10. dana kretao u intervalu od 0,82% (K1) do 1,98% (L2); 15. dana od 0,71% (K1) do 1,94% (L2); 20. dana u intervalu od 0,69% (K1) do 2,06% (L2); 25. dana u intervalu od 0,70% (K1) do 2,02% (L2) i 30. dana u intervalu od 0,62% (K1) do 2,08% (L2). Sadržaj DHA kiseline u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2 bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 tokom celog perioda ishrane. Ostale razlike u sadržaju DHA kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$).

Prosečne srednje vrednosti ukupnog sadržaja polinezasićenih masnih kiselina u žumancima kretale su se u intervalu od 15,00% (K1) do 23,37% (L2) 10. dana, od 15,81% (K1) do 22,48% (L2) 15. dana, od 15,81% (K1) do 22,78% (L2) 20. dana, od 17,29% (K1) do 24,04% (L2) 25. dana i od 14,87% (K1) do 22,50% (L2) 30. dana. Vrednosti sadržaja PUFA kiselina 10. i 20. dana bile su statistički značajno različite ($p < 0,001$) u žumancima između svih tretmana osim između K2 i L1 (10. dana). Takođe, vrednosti sadržaja PUFA kiselina u žumancima između kontrolnog tretmana K1 i eksperimentalnog tretmana L2 bile su statistički

značajno različite ($p < 0,001$) tokom celog perioda ishrane, dok u žumancima između kontrolnog tretmana K2 i eksperimentalnog tretmana L1 nije bilo statistički značajne razlike ($p > 0,05$), osim 20. dana. Ostale razlike u sadržaju PUFA kiselina u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.19. na sadržaj ukupnih polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) statistički značajno ($p < 0,001$) je uticao tretman, odnosno dodatak ko-ekstrudata lana, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nije uticao statistički značajno ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.19. Prosečne vrednosti sadržaja masnih kiselina u žumancima kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

Masne kiseline (%)		Vreme (dani)					p-vrednost			
		Tretman	10	15	20	25	30	Dan	Tretman	DxT
C14:0 Miristinska kiselina	K1	0,33 ± 0,00 ^a	0,32 ± 0,01 ^a	0,30 ± 0,03 ^a	0,26 ± 0,00 ^{ab}	0,31 ± 0,02 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05	
	K2	0,29 ± 0,01 ^a	0,25 ± 0,04 ^a	0,31 ± 0,07 ^a	0,29 ± 0,01 ^b	0,27 ± 0,02 ^a				
	L1	0,27 ± 0,05 ^a	0,28 ± 0,05 ^a	0,25 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,02 ^a	0,27 ± 0,04 ^a				
	L2	0,24 ± 0,01 ^a	0,24 ± 0,02 ^a	0,25 ± 0,01 ^a	0,24 ± 0,00 ^a	0,22 ± 0,02 ^a				
C16:0 Palmitinska kiselina	K1	28,14 ± 0,4 ^b	27,57 ± 0,5 ^b	28,61 ± 0,0 ^b	28,77 ± 1,0 ^b	28,26 ± 0,2 ^b	p>0,05	p<0,001	p>0,05	
	K2	26,82 ± 1,7 ^b	27,60 ± 0,6 ^b	26,74 ± 0,4 ^b	27,18 ± 1,1 ^b	26,79 ± 0,3 ^b				
	L1	20,20 ± 0,28 ^a	21,50 ± 0,89 ^a	19,99 ± 0,36 ^a	21,13 ± 0,64 ^a	20,12 ± 1,64 ^a				
	L2	19,38 ± 0,08 ^a	19,41 ± 0,60 ^a	19,50 ± 1,61 ^a	19,78 ± 1,10 ^a	19,55 ± 0,20 ^a				
C18:0 Stearinska kiselina	K1	9,55 ± 0,92 ^a	9,25 ± 1,47 ^a	11,05 ± 0,38 ^a	11,77 ± 0,63 ^a	11,07 ± 0,11 ^a	p>0,05	p>0,05	p>0,05	
	K2	10,34 ± 1,75 ^a	10,71 ± 0,21 ^a	9,91 ± 1,28 ^a	10,70 ± 0,43 ^a	11,46 ± 0,22 ^a				
	L1	9,14 ± 0,32 ^a	9,49 ± 0,66 ^a	9,77 ± 0,00 ^a	9,58 ± 1,88 ^a	8,27 ± 1,71 ^a				
	L2	9,60 ± 0,25 ^a	9,15 ± 0,96 ^a	9,57 ± 1,00 ^a	8,92 ± 1,02 ^a	10,14 ± 2,01 ^a				
C22:0 Behenska kiselina	K1	0,24 ± 0,03 ^a	0,22 ± 0,05 ^a	0,28 ± 0,02 ^b	0,28 ± 0,00 ^c	0,26 ± 0,02 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05	
	K2	0,25 ± 0,06 ^a	0,32 ± 0,10 ^a	0,23 ± 0,04 ^b	0,24 ± 0,03 ^{bc}	0,26 ± 0,02 ^a				
	L1	0,14 ± 0,04 ^a	0,13 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,04 ^{ab}	0,11 ± 0,04 ^a				
	L2	0,13 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,01 ^a	0,11 ± 0,01 ^a	0,11 ± 0,02 ^a	0,19 ± 0,12 ^a				
SFA	K1	38,27 ± 1,4 ^b	37,36 ± 2,1 ^{bc}	40,24 ± 0,4 ^b	41,17 ± 1,7 ^c	40,21 ± 0,2 ^b	p>0,05	p<0,001	p>0,05	
	K2	37,69 ± 3,5 ^b	38,88 ± 0,44 ^c	37,19 ± 0,8 ^b	38,42 ± 1,6 ^{bc}	38,97 ± 0,3 ^b				
	L1	29,75 ± 0,59 ^a	31,39 ± 1,61 ^{ab}	30,13 ± 0,37 ^a	31,10 ± 2,54 ^{ab}	28,78 ± 3,35 ^a				
	L2	29,35 ± 0,18 ^a	28,91 ± 1,60 ^a	29,44 ± 2,64 ^a	29,06 ± 2,14 ^a	30,10 ± 2,34 ^a				
C16:1 Palmito- leinska kis.	K1	2,72 ± 0,10 ^b	2,53 ± 0,14 ^{ab}	2,34 ± 0,26 ^a	2,06 ± 0,22 ^a	2,44 ± 0,12 ^{ab}	p>0,05	p<0,001	p>0,05	
	K2	1,94 ± 0,06 ^a	1,78 ± 0,06 ^a	1,94 ± 0,38 ^a	2,02 ± 0,33 ^a	1,72 ± 0,11 ^a				
	L1	2,73 ± 0,15 ^b	2,74 ± 0,32 ^b	2,50 ± 0,09 ^a	2,84 ± 0,42 ^a	2,88 ± 0,51 ^b				
	L2	2,37 ± 0,23 ^{ab}	2,48 ± 0,14 ^{ab}	2,36 ± 0,09 ^a	2,55 ± 0,03 ^a	2,30 ± 0,06 ^{ab}				
C18:1 ω-9 Oleinska	K1	44,01 ± 1,4 ^a	44,30 ± 2,2 ^a	41,60 ± 0,5 ^a	39,47 ± 3,0 ^a	42,12 ± 1,3 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05	
	K2	42,45 ± 3,8 ^a	40,72 ± 0,26 ^a	43,05 ± 0,0 ^a	41,77 ± 0,2 ^a	41,85 ± 1,2 ^a				

kiselina	L1	46,97 ± 1,62 ^a	44,85 ± 0,83 ^a	46,48 ± 0,40 ^a	45,27 ± 0,77 ^a	47,32 ± 0,88 ^b			
	L2	44,45 ± 0,62 ^a	45,67 ± 2,59 ^a	45,24 ± 2,57 ^a	44,24 ± 2,37 ^a	44,96 ± 0,53 ^{ab}			
MUFA	K1	46,73 ± 1,5 ^a	46,83 ± 2,3 ^a	43,94 ± 0,8 ^a	41,53 ± 3,3 ^a	44,91 ± 1,1 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	44,39 ± 3,9 ^a	42,49 ± 0,3 ^a	44,99 ± 0,4 ^a	43,78 ± 0,1 ^a	43,97 ± 1,0 ^a			
	L1	49,71 ± 1,77 ^a	47,59 ± 1,14 ^a	48,98 ± 0,49 ^a	48,11 ± 1,19 ^a	50,20 ± 1,39 ^b			
	L2	46,81 ± 0,85 ^a	48,15 ± 2,45 ^a	47,60 ± 2,48 ^a	46,79 ± 2,35 ^a	47,25 ± 0,47 ^{ab}			
C18:2 ω-6 Linolna kiselina	K1	13,31 ± 0,00 ^a	14,06 ± 0,07 ^{ab}	14,16 ± 0,34 ^b	15,52 ± 1,18 ^a	13,19 ± 0,74 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	15,92 ± 0,42 ^b	16,67 ± 0,65 ^b	16,12 ± 0,27 ^c	15,97 ± 2,04 ^a	14,90 ± 1,14 ^a			
	L1	12,09 ± 0,90 ^a	12,17 ± 1,77 ^a	12,04 ± 0,43 ^a	12,13 ± 0,97 ^a	12,28 ± 2,02 ^a			
	L2	13,05 ± 0,31 ^a	11,89 ± 0,16 ^a	12,20 ± 0,12 ^a	13,00 ± 0,22 ^a	11,25 ± 1,84 ^a			
C18:3 ω-3 α-linolenska kis. (ALA)	K1	0,65 ± 0,10 ^a	0,79 ± 0,14 ^a	0,73 ± 0,12 ^a	0,85 ± 0,20 ^a	0,77 ± 0,08 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	0,83 ± 0,18 ^a	0,86 ± 0,09 ^a	0,83 ± 0,14 ^a	0,88 ± 0,24 ^a	0,98 ± 0,11 ^a			
	L1	6,03 ± 0,08 ^b	6,26 ± 1,21 ^b	6,28 ± 0,25 ^b	6,29 ± 0,31 ^b	6,46 ± 0,35 ^b			
	L2	8,02 ± 0,30 ^c	8,34 ± 0,43 ^b	8,23 ± 0,42 ^c	8,70 ± 0,46 ^c	8,87 ± 0,26 ^c			
C20:5 ω-3 EPA	K1	0,04 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	0,06 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a			
	L1	0,17 ± 0,02 ^b	0,19 ± 0,01 ^b	0,19 ± 0,01 ^b	0,20 ± 0,01 ^b	0,17 ± 0,05 ^b			
	L2	0,20 ± 0,01 ^b	0,22 ± 0,02 ^b	0,19 ± 0,03 ^b	0,23 ± 0,02 ^b	0,21 ± 0,02 ^b			
C22:6 ω-3 DHA	K1	0,82 ± 0,04 ^a	0,71 ± 0,13 ^a	0,69 ± 0,11 ^a	0,70 ± 0,11 ^a	0,62 ± 0,11 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	0,89 ± 0,12 ^a	0,82 ± 0,32 ^a	0,73 ± 0,17 ^a	0,75 ± 0,13 ^a	0,69 ± 0,08 ^a			
	L1	1,87 ± 0,16 ^b	1,90 ± 0,29 ^b	1,99 ± 0,05 ^b	1,96 ± 0,05 ^b	2,01 ± 0,36 ^b			
	L2	1,98 ± 0,05 ^b	1,94 ± 0,11 ^b	2,06 ± 0,32 ^b	2,02 ± 0,14 ^b	2,08 ± 0,05 ^b			
PUFA	K1	15,00 ± 0,10 ^a	15,81 ± 0,28 ^a	15,81 ± 0,39 ^a	17,29 ± 1,53 ^a	14,87 ± 0,95 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	17,91 ± 0,43 ^b	18,63 ± 0,12 ^{ab}	17,82 ± 0,40 ^b	17,80 ± 1,69 ^a	17,00 ± 0,83 ^{ab}			
	L1	20,25 ± 0,99 ^b	20,63 ± 2,73 ^{ab}	20,62 ± 0,66 ^c	20,70 ± 1,22 ^{ab}	21,02 ± 1,96 ^{ab}			
	L2	23,37 ± 0,67 ^c	22,48 ± 0,72 ^b	22,78 ± 0,17 ^d	24,04 ± 0,37 ^b	22,50 ± 2,07 ^b			

abc -vrednosti sadržaja masne kiseline u istom redu označene različitim malim slovima su statistički značajno različite; MK- masne kiseline; SFA –zasićene masne kiseline; MUFA – mononezasićene masne kiseline; ALA- α-linolenska kiselina, EPA- eikozapentaenska kiselina; DHA- dokozaheksaenska kiselina; PUFA – polinezasićene masne kiseline.

Sadržaj masnih kiselina u žumancima dobijenih ishranom kokoši nosilja ko-ekstrudatom na bazi semena lanika

Kako se može videti iz tabele 5.2.20. prosečne srednje vrednosti za miristinsku i behensku kiselinu u žumancima kretale su se 10. dana u intervalu od 0,29% (K2) do 0,35% (C1) za miristinsku kiselinu, odnosno od 0,18% (C2) do 0,25% (K2) za behensku. Razlike u sadržaju ovih kiselina u žumancima između ispitivanih tretmana 10. dana nisu statistički značajne ($p>0,05$).

Iz prikazanih rezultata u tabeli 5.2.20. uočen je isti trend sadržaja ove dve masne kiseline u žumancima tokom celog perioda ishrane, tako da su se vrednosti 15. dana kretala u intervalu od 0,25% (K2) do 0,32% (K1) za miristinsku kiselinu, odnosno od 0,16% (C1) do 0,32% (K2) za behensku; 20. dana u intervalu od 0,26% (C1 i C2) do 0,31% (K2) za miristinsku kiselinu, odnosno od 0,18% (C2) do 0,28% (K1) za behensku kiselinu; 25. dana u intervalu od 0,26% (K1) do 0,29% (K2) za miristinsku kiselinu, odnosno od 0,18% (C2) do 0,28% (K1) za behensku kiselinu i 30. dana u intervalu od 0,25% (C2) do 0,31% (K1) za miristinsku kiselinu, odnosno od 0,18% (C1) do 0,26% (K1 i K2) za behensku kiselinu. Iz prikazanih rezultata može se uočiti da tretman, odnosno dodatak ko-ekstrudata lanika, nije statistički značajno ($p>0,05$) uticao na sadržaj ove dve masne kiseline u žumancima kao ni vreme hranjenja (dan) i dan x tretman, osim na sadržaj behenske kiseline (C22:0) u žumancima iz tretmana C1 30. dana, koja je bila statistički značajno niža ($p<0,01$) od sadržaja ove kiseline u žumancima iz tretmana K1 i K2.

Kako se može videti iz tabele 5.2.20. prosečne srednje vrednosti sadržaja palmitinske kiseline u žumancima 10. dana kretao se u intervalu od 25,48% (C1) do 28,14% (K1); 15. dana od 24,62% (C1) do 27,60% (K2); 20. dana u intervalu od 24,37% (C2) do 28,61% (K1); 25. dana u intervalu od 24,55% (C2) do 28,77% (K1) i 30. dana u intervalu od 24,52% (C2) do 28,26% (K1). Vrednosti sadržaja palmitinske kiseline u žumancima iz tretmana C1, 15. i 30. dana ishrane kokoši nosilja, bile su statistički

značajno niže ($p < 0,001$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz tretmana K1 i K2. Takođe, sadržaj palmitinske kiseline u žumancima iz tretmana C2, 20. dana ishrane kokoši nosilja bio je statistički značajno niži ($p < 0,001$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz tretmana K1, a 30. dana od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz tretmana K1 i K2. Ostale razlike u sadržaju palmitinske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.20. na sadržaj palmitinske kiseline statistički značajno ($p < 0,001$) je uticao tretman, odnosno dodatak ko-ekstrudata lanika, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nije uticao statistički značajno ($p > 0,05$).

U istoj tabeli prikazane su i prosečne srednje vrednosti sadržaja stearinske kiseline (C18:0) u žumancima. Iz prikazanih rezultata vidi se da se sadržaj stearinske kiseline u žumancima 10. dana kretao u intervalu od 9,30% (C2) do 10,34% (K2); 15. dana od 9,25% (C1) do 11,28% (C2); 20. dana u intervalu od 9,91% (K2) do 11,05% (K1 i C1); 25. dana u intervalu od 10,17% (C2) do 11,77% (K1) i 30. dana u intervalu od 9,53% (C1) do 11,46% (K2). Razlike u vrednosti sadržaja stearinske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$), odnosno na sadržaj ove zasićene masne kiseline u žumancima nisu uticali značajno tretman, vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman.

Vrednosti ukupnih SFA u žumancima kretale su se 10. dana u intervalu od 35,79% (C2) do 38,27% (K1); 15. dana od 34,32% (C1) do 38,88% (K2); 20. dana u intervalu od 35,63% (C2) do 40,24% (K1), 25. dana od 35,18% (C2) do 41,17% (K1) i 30. dana od 35,76% (C1) do 40,21% (K1). Razlike u sadržaju ukupnih zasićenih masnih kiselina 10., 15., 20. i 25. dana u žumancima između tretmana, nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$), dok je 30. dana sadržaj SFA bio statistički značajno niži ($p < 0,01$) u žumancima iz tretmana C1 i C2 u odnosu na sadržaj ovih kiselina u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2. Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.20. tretman, odnosno dodatak ko-ekstrudata lanika, je statistički značajno ($p < 0,01$) uticao na smanjenje sadržaja ukupnih zasićenih masnih kiselina (SFA) u žumancima, dok

vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu statistički značajno uticali ($p>0,05$) na ovu vrednost.

Nadalje, iz rezultata prikazanih u istoj tabeli se vidi da je oleinska kiselina C18:1 ω -9 najzastupljenija mononezasićena masna kiselina u žumancu, dok su palmitoleinska C16:1 ω -7 i eikozenoična C20:1 ω -9 kiselina nešto manje zastupljene

Sadržaj palmitoleinske kiseline (C16:1) 10. dana bio je najmanji u žumancima iz kontrolnog tretmana K2 (1,94%) a najveći u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 (2,72%). Nadalje, tokom perioda ishrane je uočen isti trend u sadržaju ove masne kiseline u žumancima, tako da su se vrednosti 15. dana kretala u intervalu od 1,78% (K2) do 2,53% (K1); 20. dana u intervalu od 1,86% (C2) do 2,35% (C1); 25. dana u intervalu od 2,02% (K2) do 2,16% (C1) i 30. dana u intervalu od 1,72% (K2) do 2,44% (K1). Vrednosti sadržaja palmitoleinske kiseline (C16:1) 30. dana su bile statistički značajno niže ($p<0,01$) u žumancima iz tretmana K2 i C2 u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz tretmana K1 i C1. Ostale razlike u sadržaju palmitoleinske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p>0,05$). Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.20. tretman je statistički značajno ($p<0,01$) uticao na sadržaj ove masne kiseline u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu uticali statistički značajno ($p>0,05$) na ovu vrednost.

Vrednosti sadržaja oleinske kiseline u žumancima kretale su se 10. dana u intervalu od 42,45% (K2) do 46,57% (C1); 15. dana od 40,72% (K2) do 48,10% (C1); 20. dana u intervalu od 41,60% (K1) do 45,71% (C2), 25. dana u intervalu od 39,47% (K1) do 46,41% (C2) i 30. dana u intervalu od 41,85% (K2) do 45,93% (C1). Sadržaj oleinske kiseline u žumancima iz tretmana C1, 15. i 30. dana ishrane kokoši nosilja bio je statistički značajno viši ($p<0,01$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz tretmana K2, dok je sadržaj oleinske kiseline u žumancima iz tretmana C2, 20. dana bio statistički značajno viši ($p<0,01$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz tretmana K1. Ostale razlike u sadržaju oleinske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički

značajne ($p>0,05$). Kao što se može videti iz prikazanih rezultata tretman je statistički značajno ($p<0,01$) uticao na sadržaj oleinske kiseline u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu uticali statistički značajno ($p>0,05$) na ovu vrednost.

Iz prikazanih rezultata u tabeli 5.2.20. vidi se da su se vrednosti sadržaja eikozenoične kiseline u žumancima kretale 10. dana u intervalu od 0,00% (K1 i K2) do 0,52% (C2); 15. dana od 0,00% (K1 i K2) do 0,55% (C1); 20. dana u intervalu od 0,00% (K1 i K2) do 0,61% (C1), 25. dana u intervalu od 0,00% (K1 i K2) do 0,58% (C2) i 30. dana u intervalu od 0,00% (K1 i K2) do 0,53% (C2). Tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja razlike u sadržaju eikozenoične kiseline u žumancima između kontrolnih tretmana (K1 i K2) i eksperimentalnih tretmana (C1 i C2) bile su statistički značajne ($p<0,001$). Ostale razlike u sadržaju eikozenoične kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p>0,05$). Kao što se može videti iz prikazanih rezultata tretman je statistički značajno ($p<0,001$) uticao na sadržaj eikozenoične kiseline u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu uticali statistički značajno ($p>0,05$) na ovu vrednost.

Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.20. prosečne srednje vrednosti ukupnog sadržaja mononezasićenih masnih kiselina u žumancima kretale su se u intervalu od 44,39% (K2) do 49,67% (C1) 10. dana, od 42,49% (K2) do 50,98% (C1) 15. dana, od 43,94% (K1) do 48,08% (C2) 20. dana, od 41,53% (K1) do 49,06% (C2) 25. dana i od 43,97% (K2) do 49,25% (C1) 30. dana. Sadržaj ukupnih mononezasićenih masnih kiselina u žumancima iz tretmana C1, 15. dana ishrane kokoši nosilja bio je statistički značajno viši ($p<0,01$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz kontrolnog tretmana K2, dok je 30. dana bio viši od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz oba kontrolna tretmana K1 i K2. Takođe, sadržaj ukupnih mononezasićenih masnih kiselina u žumancima iz tretmana C2, 30. dana ishrane kokoši nosilja bio je statistički značajno viši ($p<0,01$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz kontrolnog tretmana K2. Ostale razlike u sadržaju ukupnih mononezasićenih masnih kiselina u žumancima između ispitivanih

tretmana nisu statistički značajne ($p>0,05$). Dodatak ko-ekstrudata lanika je statistički značajno ($p<0,01$) uticao na povećanje sadržaja ukupnih mononezasićenih masnih kiselina (MUFA) u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu statistički značajno uticali ($p>0,05$).

Nadalje, iz prikazanih rezultata u tabeli 5.2.20. vidi se da se sadržaj linolne kiseline (C18:2 ω -6) u žumancima kretao 10. dana u intervalu od 8,98% (C1) do 15,92% (K2); 15. dana od 9,26% (C1) do 16,67% (K2); 20. dana od 9,37% (C1) do 16,12% (K2), 25. dana od 9,59% (C2) do 15,97% (K2) i 30. dana u intervalu od 9,43% (C1) do 14,90% (K2). Sadržaj linolne kiseline bio statistički značajno veći ($p<0,001$) u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz eksperimentalnih tretmana C1 i C2 tokom celog perioda ishrane. Takođe, sadržaj linolne kiseline bio je statistički značajno veći ($p<0,001$) u žumancima iz kontrolnog tretmana K2 u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 (10. i 15. dana). Ostale razlike u sadržaju linolne kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p>0,05$). Dodatak ko-ekstrudata lanika je statistički značajno ($p<0,001$) uticao na smanjenje sadržaja linolne kiseline u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu statistički značajno uticali ($p>0,05$).

Dalje, iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.20. vidi se da se sadržaj α -linolenske kiseline (C18:3 ω -3) u žumancima 10. dana kretao u intervalu od 0,65% (K1) do 4,38% (C2); 15. dana od 0,79% (K1) do 4,02% (C2); 20. dana od 0,73% (K1) do 4,21% (C2), 25. dana od 0,85% (K1) do 4,35% (C2) i 30. dana u intervalu od 0,77% (K1) do 4,29% (C2). Sadržaj α -linolenske kiseline bio je statistički značajno veći ($p<0,001$) u žumancima iz eksperimentalnih tretmana C1 i C2 u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 tokom celog perioda ishrane. Ostale razlike u sadržaju α -linolenske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p>0,05$). Kako se vidi iz prikazanih rezultata na sadržaj α -linolenske kiseline u žumancima nisu uticali vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman, ali je tretman uticao,

odnosno dodatkom ko-ekstrudata lanika u ishranu kokoši nosilja vrednost ove masne kiseline se povećala statistički značajno ($p < 0,001$).

Nadalje, u istoj tabeli prikazane su i prosečne srednje vrednosti eikozapentaenske kiseline (EPA, C20:5 ω -3) u žumancima, čije su se vrednosti kretale 10. dana u intervalu od 0,04% (K1) do 0,15% (C1 i C2); 15. dana od 0,06% (K2) do 0,16% (C1 i C2); 20. dana od 0,05% (K1 i K2) do 0,18% (C1), 25. dana od 0,04% (K2) do 0,18% (C2) i 30. dana u intervalu od 0,03% (K1) do 0,18% (C2). Razlike u sadržaju EPA kiseline u žumancima između eksperimentalnih (C1 i C2) i kontrolnih tretmana (K1 i K2) bile su statistički značajne ($p < 0,001$) tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja. Ostale razlike u sadržaju EPA kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kako se vidi iz prikazanih rezultata na sadržaj eikozapentaenske kiseline u žumancima nisu uticali vreme hranjenja (dan) i dan x tretman, ali je tretman uticao, odnosno dodatkom ko-ekstrudata lanika u ishranu kokoši nosilja vrednost ove masne kiseline se povećala statistički značajno ($p < 0,001$).

Dalje, iz prikazanih rezultata u tabeli 5.2.20. vidi se da se sadržaj DHA kiseline u žumancima 10. dana kretao u intervalu od 0,82% (K1) do 1,33% (C2); 15. dana od 0,71% (K1) do 1,33% (C2); 20. dana u intervalu od 0,69% (K1) do 1,38% (C2); 25. dana u intervalu od 0,70% (K1) do 1,35% (C2) i 30. dana u intervalu od 0,62% (K1) do 1,38% (C1). Razlike u sadržaju DHA kiseline u žumancima između eksperimentalnih (C1 i C2) i kontrolnih tretmana (K1 i K2) bile su statistički značajne ($p < 0,001$) tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja, osim 15. dana kada nije bilo statistički značajne razlike u žumancima između tretmana ($p > 0,05$). Ostale razlike u sadržaju DHA kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kako se vidi iz prikazanih rezultata na sadržaj DHA u žumancima nisu uticali vreme hranjenja (dan) i dan x tretman, ali je tretman uticao, odnosno dodatkom ko-ekstrudata lanika u ishranu kokoši nosilja vrednost ove masne kiseline se povećala statistički značajno ($p < 0,001$).

Prosečne srednje vrednosti ukupnog sadržaja polinezasićenih masnih kiselina u žumancima kretale su se u intervalu od 14,38% (C1) do 17,91% (K2) 10. dana, od 14,71% (C1) do 18,63% (K2) 15. dana, od 14,88% (C1) do 17,82% (K2) 20. dana, od 15,65% (C1) do 17,80% (K2) 25. dana i od 14,87% (K1) do 17,00% (K2) 30. dana. Vrednosti sadržaja PUFA kiselina 10. i 15. dana ishrane kokoši nosilja bile su statistički značajno različite ($p < 0,001$) u žumancima između svih tretmana, osim između K1 i C1 (10. dana) kao i između K1 i C2 (15. dana). Ostale razlike u sadržaju PUFA kiselina u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.20. na sadržaj ukupnih polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) u žumancima, statistički značajno ($p < 0,001$) je uticao tretman dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu uticali statistički značajno ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.20. Prosečne vrednosti sadržaja masnih kiselina u žumancima kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

		Vreme (dani)					p-vrednost		
Masne kiseline(%)	Tretman	10	15	20	25	30	p-vrednost		
							Dan	Tretman	D × T
C14:0 Miristinska kiselina	K1	0,33 ± 0,00 ^a	0,32 ± 0,01 ^a	0,30 ± 0,03 ^a	0,26 ± 0,00 ^a	0,31 ± 0,02 ^a	p>0,05	p>0,05	p>0,05
	K2	0,29 ± 0,01 ^a	0,25 ± 0,04 ^a	0,31 ± 0,07 ^a	0,29 ± 0,01 ^a	0,27 ± 0,02 ^a			
	C1	0,35 ± 0,13 ^a	0,29 ± 0,03 ^a	0,26 ± 0,05 ^a	0,27 ± 0,02 ^a	0,29 ± 0,00 ^a			
	C2	0,31 ± 0,02 ^a	0,28 ± 0,04 ^a	0,26 ± 0,01 ^a	0,27 ± 0,02 ^a	0,25 ± 0,00 ^a			
C16:0 Palmitinska kiselina	K1	28,14 ± 0,4 ^a	27,57 ± 0,5 ^b	28,61 ± 0,0 ^b	28,77 ± 1,0 ^a	28,26 ± 0,2 ^c	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	26,82 ± 1,7 ^a	27,60 ± 0,6 ^b	26,74 ± 0,4 ^{ab}	27,18 ± 1,1 ^a	26,79 ± 0,3 ^b			
	C1	25,48 ± 1,9 ^a	24,62 ± 1,0 ^a	26,41 ± 0,4 ^{ab}	25,65 ± 2,7 ^a	25,43 ± 0,1 ^a			
	C2	25,82 ± 0,7 ^a	25,67 ± 0,4 ^{ab}	24,37 ± 1,1 ^a	24,55 ± 0,1 ^a	24,52 ± 0,4 ^a			
C18:0 Stearinska kiselina	K1	9,55 ± 0,92 ^a	9,25 ± 1,47 ^a	11,05 ± 0,38 ^a	11,77 ± 0,63 ^a	11,07 ± 0,11 ^a	p>0,05	p>0,05	p>0,05
	K2	10,34 ± 1,75 ^a	10,71 ± 0,21 ^a	9,91 ± 1,28 ^a	10,70 ± 0,43 ^a	11,46 ± 0,22 ^a			
	C1	9,89 ± 0,27 ^a	9,25 ± 1,98 ^a	11,05 ± 1,99 ^a	10,74 ± 1,78 ^a	9,53 ± 0,02 ^a			
	C2	9,30 ± 1,14 ^a	11,28 ± 0,77 ^a	10,82 ± 1,05 ^a	10,17 ± 0,42 ^a	11,26 ± 0,69 ^a			
C22:0 Behenska kiselina	K1	0,24 ± 0,03 ^a	0,22 ± 0,05 ^a	0,28 ± 0,02 ^a	0,28 ± 0,00 ^a	0,26 ± 0,02 ^b	p>0,05	p<0,01	p>0,05
	K2	0,25 ± 0,06 ^a	0,32 ± 0,10 ^a	0,23 ± 0,04 ^a	0,24 ± 0,03 ^a	0,26 ± 0,02 ^b			
	C1	0,20 ± 0,02 ^a	0,16 ± 0,05 ^a	0,24 ± 0,07 ^a	0,21 ± 0,09 ^a	0,18 ± 0,00 ^a			
	C2	0,18 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,05 ^a	0,18 ± 0,03 ^a	0,18 ± 0,04 ^a	0,20 ± 0,01 ^{ab}			
SFA	K1	38,27 ± 1,4 ^a	37,36 ± 2,1 ^a	40,24 ± 0,4 ^a	41,17 ± 1,7 ^a	40,21 ± 0,2 ^b	p>0,05	p<0,01	p>0,05
	K2	37,69 ± 3,5 ^a	38,88 ± 0,44 ^a	37,19 ± 0,8 ^a	38,42 ± 1,6 ^a	38,97 ± 0,3 ^b			
	C1	35,95 ± 1,7 ^a	34,32 ± 3,0 ^a	37,96 ± 2,4 ^a	36,87 ± 4,6 ^a	35,76 ± 0,2 ^a			
	C2	35,79 ± 0,3 ^a	37,44 ± 0,4 ^a	35,63 ± 2,2 ^a	35,18 ± 0,5 ^a	36,57 ± 1,1 ^a			
C16:1 Palmito- leinska kis,	K1	2,72 ± 0,10 ^a	2,53 ± 0,14 ^a	2,34 ± 0,26 ^a	2,06 ± 0,22 ^a	2,44 ± 0,12 ^b	p>0,05	p<0,01	p>0,05
	K2	1,94 ± 0,06 ^a	1,78 ± 0,06 ^a	1,94 ± 0,38 ^a	2,02 ± 0,33 ^a	1,72 ± 0,11 ^a			
	C1	2,69 ± 0,64 ^a	2,33 ± 0,34 ^a	2,35 ± 0,38 ^a	2,16 ± 0,00 ^a	2,41 ± 0,12 ^b			
	C2	2,45 ± 0,24 ^a	1,92 ± 0,10 ^a	1,86 ± 0,06 ^a	2,07 ± 0,15 ^a	1,93 ± 0,11 ^a			
C18:1 ω-9 Oleinska kiselina	K1	44,01 ± 1,4 ^a	44,30 ± 2,2 ^{ab}	41,60 ± 0,5 ^a	39,47 ± 3,0 ^a	42,12 ± 1,3 ^{ab}	p>0,05	p<0,01	p>0,05
	K2	42,45 ± 3,8 ^a	40,72 ± 0,26 ^a	43,05 ± 0,0 ^{ab}	41,77 ± 0,2 ^a	41,85 ± 1,2 ^a			
	C1	46,57 ± 2,7 ^a	48,10 ± 2,2 ^b	44,19 ± 1,1 ^{ab}	44,82 ± 4,6 ^a	45,93 ± 0,3 ^b			

	C2	44,64 ± 0,1 ^a	43,81 ± 0,1 ^{ab}	45,71 ± 1,0 ^b	46,41 ± 1,1 ^a	44,44 ± 0,7 ^{ab}			
C20:1 ω-9 Eikozenoična kiselina	K1	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a			
	K2	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a			
	C1	0,42 ± 0,08 ^b	0,55 ± 0,16 ^b	0,61 ± 0,13 ^b	0,50 ± 0,11 ^b	0,52 ± 0,15 ^b	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	C2	0,52 ± 0,01 ^b	0,54 ± 0,12 ^b	0,52 ± 0,10 ^b	0,58 ± 0,18 ^b	0,53 ± 0,05 ^b			
MUFA	K1	46,73 ± 1,5 ^a	46,83 ± 2,3 ^{ab}	43,94 ± 0,8 ^a	41,53 ± 3,3 ^a	44,91 ± 1,1 ^{ab}			
	K2	44,39 ± 3,9 ^a	42,49 ± 0,3 ^a	44,99 ± 0,4 ^a	43,78 ± 0,1 ^a	43,97 ± 1,0 ^a			
	C1	49,67 ± 2,0 ^a	50,98 ± 2,7 ^b	47,15 ± 1,6 ^a	47,48 ± 4,7 ^a	49,25 ± 0,0 ^c	p>0,05	p<0,01	p>0,05
	C2	47,78 ± 0,4 ^a	46,28 ± 0,1 ^{ab}	48,08 ± 1,1 ^a	49,06 ± 1,5 ^a	47,35 ± 0,6 ^{bc}			
C18:2 ω-6 Linolna kiselina	K1	13,31 ± 0,00 ^b	14,06 ± 0,07 ^b	14,16 ± 0,34 ^b	15,52 ± 1,18 ^b	13,19 ± 0,74 ^b			
	K2	15,92 ± 0,42 ^c	16,67 ± 0,65 ^c	16,12 ± 0,27 ^b	15,97 ± 2,04 ^b	14,90 ± 1,14 ^b			
	C1	8,98 ± 0,02 ^a	9,26 ± 0,16 ^a	9,37 ± 0,48 ^a	10,23 ± 0,26 ^a	9,43 ± 0,05 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	C2	10,18 ± 0,60 ^a	10,54 ± 0,50 ^a	10,38 ± 1,51 ^a	9,59 ± 0,73 ^a	9,89 ± 0,40 ^a			
C18:3 ω-3 α-linolenska kis. (ALA)	K1	0,65 ± 0,10 ^a	0,79 ± 0,14 ^a	0,73 ± 0,12 ^a	0,85 ± 0,20 ^a	0,77 ± 0,08 ^a			
	K2	0,83 ± 0,18 ^a	0,86 ± 0,09 ^a	0,83 ± 0,14 ^a	0,88 ± 0,24 ^a	0,98 ± 0,11 ^a			
	C1	3,73 ± 0,32 ^b	3,83 ± 0,06 ^b	3,73 ± 0,28 ^b	3,75 ± 0,28 ^b	3,89 ± 0,23 ^b	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	C2	4,38 ± 0,27 ^b	4,02 ± 0,37 ^b	4,21 ± 0,23 ^b	4,35 ± 0,19 ^b	4,29 ± 0,30 ^b			
C20:5 ω-3 EPA	K1	0,04 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a			
	K2	0,06 ± 0,01 ^{ab}	0,06 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a			
	C1	0,15 ± 0,04 ^b	0,16 ± 0,01 ^b	0,18 ± 0,02 ^b	0,17 ± 0,03 ^b	0,17 ± 0,01 ^b	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	C2	0,15 ± 0,01 ^b	0,16 ± 0,02 ^b	0,17 ± 0,02 ^b	0,18 ± 0,01 ^b	0,18 ± 0,01 ^b			
C22:6 ω-3 DHA	K1	0,82 ± 0,04 ^a	0,71 ± 0,13 ^a	0,69 ± 0,11 ^a	0,70 ± 0,11 ^a	0,62 ± 0,11 ^a			
	K2	0,89 ± 0,12 ^a	0,82 ± 0,32 ^a	0,73 ± 0,17 ^a	0,75 ± 0,13 ^a	0,69 ± 0,08 ^a			
	C1	1,32 ± 0,08 ^b	1,27 ± 0,10 ^a	1,37 ± 0,13 ^b	1,34 ± 0,18 ^b	1,38 ± 0,23 ^b	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	C2	1,33 ± 0,15 ^b	1,33 ± 0,17 ^a	1,38 ± 0,19 ^b	1,35 ± 0,01 ^b	1,34 ± 0,16 ^b			
PUFA	K1	15,00 ± 0,10 ^a	15,81 ± 0,28 ^b	15,81 ± 0,39 ^a	17,29 ± 1,53 ^a	14,87 ± 0,95 ^a			
	K2	17,91 ± 0,43 ^c	18,63 ± 0,12 ^c	17,82 ± 0,40 ^a	17,80 ± 1,69 ^a	17,00 ± 0,83 ^a			
	C1	14,38 ± 0,27 ^a	14,71 ± 0,28 ^a	14,88 ± 0,82 ^a	15,65 ± 0,12 ^a	14,99 ± 0,20 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	C2	16,44 ± 0,10 ^b	16,28 ± 0,28 ^b	16,29 ± 1,07 ^a	15,76 ± 0,95 ^a	16,08 ± 0,53 ^a			

^{abc} - vrednosti sadržaja masne kiseline u istom redu označene različitim malim slovima su statistički značajno različite; MK- masne kiseline; SFA- zasićene masne kiseline; MUFA-mononezasićene masne kiseline; ALA-α-linolenska kiselina, EPA-eikozapentaenska kiselina; DHA-dokozaheksaenska kiselina; PUFA – polinezasićene masne kiseline.

Sadržaj masnih kiselina u žumancima dobijenih ishranom kokoši nosilja ko-ekstrudatom na bazi semena konoplje

Kako se može videti iz tabele 5.2.21. prosečne srednje vrednosti za miristinску i behensku kiselinu u žumancima kretale su se 10. dana u intervalu od 0,24% (H2) do 0,33% (K1) za miristinску kiselinu, odnosno od 0,23% (H2) do 0,25% (K2) za behensku, 15. dana od 0,25% (K2) do 0,32% (K1) za miristinскую kiselinu, odnosno od 0,18% (H2) do 0,32% (K2) za behensku; 20. dana u intervalu od 0,22% (H2) do 0,31% (K2) za miristinскую kiselinu, odnosno od 0,21% (H1) do 0,28% (K1) za behensku kiselinu; 25. dana u intervalu od 0,22% (H2) do 0,29% (K2) za miristinскую kiselinu, odnosno od 0,18% (H1) do 0,28% (K1) za behensku kiselinu i 30. dana u intervalu od 0,25% (H1) do 0,31% (K1) za miristinскую kiselinu, odnosno od 0,22% (H1 i H2) do 0,26% (K1 i K2) za behensku kiselinu.

Iz prikazanih rezultata može se uočiti da je sadržaj miristinске kiseline statistički značajno veći ($p < 0,001$) u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 (10. dana) i K2 (25. dana) u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H2. Razlike u sadržaju miristinске kiseline u žumancima između ostalih ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$). Razlike u sadržaju behenske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$) tokom celog perioda ishrane. Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.21. na sadržaj miristinске kiseline statistički značajno ($p < 0,001$) je uticao tretman a vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu uticali statistički značajno ($p > 0,05$), dok na sadržaj behenske kiseline nisu uticali statistički značajno ($p > 0,05$) tretman, vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman.

Kako se vidi iz rezultata prikazanih u istoj tabeli sadržaj palmitinske kiseline u žumancima 10. dana kretao se u intervalu od 20,68% (H2) do 28,14% (K1); 15. dana od 21,07% (H2) do 27,60% (K2); 20. dana u intervalu od 22,24% (H2) do 28,61% (K1); 25. dana u intervalu od 21,85% (H2) do 28,77% (K1) i 30. dana u intervalu od 22,72% (L2) do 28,26% (K1). Vrednosti sadržaja palmitinske kiseline u žumancima iz eksperimentalnih

tretmana H1 i H2, tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja, bile su statistički značajno niže ($p < 0,001$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2. Vrednosti sadržaja palmitinske kiseline su se statistički značajno ($p < 0,001$) razlikovali u žumancima između eksperimentalnih tretmana H1 i H2 (15. dana) kao i u žumancima između kontrolnih tretmana K1 i K2 (30. dana). Razlike u žumancima između ostalih ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$). Takođe, iz rezultata prikazanih u istoj tabeli se vidi da je dodatak ko-ekstrudata konoplje statistički značajno ($p < 0,001$) uticao na smanjenje sadržaja palmitinske kiseline u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu uticali statistički značajno ($p > 0,05$).

U istoj tabeli prikazane su i prosečne srednje vrednosti sadržaja stearinske kiseline (C18:0) u žumancima. Iz prikazanih rezultata vidi se da se sadržaj stearinske kiseline u žumancima 10. dana kretao u intervalu od 9,55% (K1) do 10,61% (H1); 15. dana od 8,31% (H2) do 10,71% (K2); 20. dana u intervalu od 9,47% (H1) do 11,05% (K1); 25. dana u intervalu od 10,70% (K2) do 11,85% (H2) i 30. dana u intervalu od 10,82% (H1) do 11,46% (K2). Razlike u vrednosti sadržaja stearinske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$). Na sadržaj stearinske kiseline nisu uticali statistički značajno ($p > 0,05$) tretman, vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman.

Vrednosti ukupnih SFA u žumancima kretale su se 10. dana u intervalu od 31,28% (H2) do 38,27% (K1); 15. dana od 29,85% (H2) do 38,88% (K2); 20. dana u intervalu od 33,06% (H1) do 40,24% (K1); 25. dana u intervalu od 34,17% (H2) do 41,17% (K1) i 30. dana u intervalu od 34,12% (H2) do 40,21% (K1). Razlike u sadržaju ukupnih zasićenih masnih kiselina u žumancima između tretmana nisu bile statistički značajne 10. dana ($p > 0,05$). Dalje, sadržaj SFA u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) u odnosu na sadržaj ovih kiselina u žumancima iz eksperimentalnih tretmana, osim između K1 i H1 (15. dana), zatim između K2, H1 i H2 (20. i 25. dana). Ostale razlike u sadržaju zasićenih masnih kiselina u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kao što se može

videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.21. tretman, odnosno dodatak ko-ekstrudata konoplje je statistički značajno ($p < 0,001$) uticao na smanjenje sadržaja ukupnih zasićenih masnih kiselina u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nije statistički značajno uticao ($p > 0,05$).

Nadalje, iz prikazanih rezultata u tabeli 5.2.21. vidi se da je sadržaj palmitoleinske kiseline (C16:1) 10. dana bio najveći u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 (2,72%) a najmanji u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H2 (1,79%), dok su 15. dana najveće vrednosti zabeležene u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H1 (2,78%), a najmanje u žumancima iz kontrolnog tretmana K2 (1,78%). Dalje, su se vrednosti ove masne kiseline u žumancima kretale u intervalu od 1,69% (H2) do 2,62% (H1) 20. dana; od 1,53% (H2) do 2,13% (H1) 25. dana i u intervalu od 1,72% (K2) do 2,44% (K1) 30. dana. Vrednosti sadržaja palmitoleinske kiseline bile su statistički značajno niže ($p < 0,001$) u žumancima iz tretmana H2 u odnosu na sadržaj ove masne kiseline u žumancima iz tretmana K1 i H1 (10. dana), dok je 15. dana sadržaj ove kiseline bio statistički značajno niži u žumancima iz kontrolnog tretmana K2 u odnosu na žumanca iz eksperimentalnog tretmana H1. Ostale razlike u sadržaju palmitoleinske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kao što se može videti iz prikazanih rezultata na sadržaj ove kiseline statistički u žumancima značajno ($p < 0,001$) je uticao tretman a vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu uticali statistički značajno ($p > 0,05$).

U istoj tabeli prikazane su vrednosti sadržaja oleinske kiseline u žumancima, koje su se kretale u intervalu od 39,62% (H2) do 44,01% (K1) 10. dana; od 38,89% (H2) do 44,30% (K1) 15. dana; od 37,74% (H2) do 43,05% (K2) 20. dana; od 37,42% (H2) do 41,77% (K2) 25. dana i od 38,93% (H2) do 42,12% (K1) 30. dana. Sadržaj oleinske kiseline u žumancima iz tretmana H2, 20. dana ishrane kokoši nosilja bio je statistički značajno niži ($p < 0,001$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz svih ostalih tretmana. Ostale razlike u sadržaju oleinske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički

značajne ($p > 0,05$). Kao što se vidi iz prikazanih rezultata, na sadržaj ove kiseline u žumancima statistički značajno ($p < 0,001$) je uticao tretman a vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nisu uticali statistički značajno ($p > 0,05$).

Dalje, u istoj tabeli prikazane su i prosečne srednje vrednosti ukupnih mononezasićenih masnih kiselina (MUFA) u žumancima, koje su se kretale u intervalu od 41,40% (H2) do 46,73% (K1) 10. dana, od 40,90% (H2) do 46,83% (K1) 15. dana, od 39,43% (H2) do 44,99% (K2) 20. dana, od 38,95% (H2) do 43,78% (K2) 25. dana i od 40,68% (H2) do 44,91% (K1) 30. dana. Sadržaj mononezasićenih masnih kiselina u žumancima iz tretmana H2, 20. dana ishrane kokoši nosilja bio je statistički značajno niži ($p < 0,001$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz svih ostalih tretmana. Ostale razlike u sadržaju mononezasićenih masnih kiselina u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.21. dodatak ko-ekstrudata konoplje je statistički značajno ($p < 0,001$) uticao na sadržaj ukupnih mononezasićenih masnih kiselina (MUFA) u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nije uticao statistički značajno ($p > 0,05$).

Nadalje, iz tabele 5.2.21. se vidi da su najzastupljenije polinezasićene masne kiseline u žumancima, linolna C18:2 ω -6, zatim α -linolenska (ALA, C18:3 ω -3), dok su eikozapentaenska (EPA, C20:5 ω -3) i dokozaheksaenska (DHA, C22:6 ω -3) kiselina, zastupljene u manjoj meri.

U istoj tabeli prikazan je sadržaj linolne kiseline (C18:2 ω -6) koji je 10. dana bio najmanji u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 (13,31%), a najveći u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H2 (21,91%). Nadalje je uočen isti trend u sadržaju ove masne kiseline u žumancima, tako da su se vrednosti 15. dana kretale u intervalu od 14,06% (K1) do 23,84% (H2); 20. dana od 14,16% (K1) do 22,18% (H2); 25. dana od 15,52% (K1) do 22,33% (H2) i 30. dana u intervalu od 13,19% (K1) do 20,78% (H2). Sadržaj linolne kiseline bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H2 u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 tokom

celog perioda ishrane kokoši nosilja. Takođe, sadržaj linolne kiseline bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H1 u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 (20. dana). Ostale razlike u sadržaju linolne kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.21. dodatak ko-ekstrudata konoplje je statistički značajno ($p < 0,001$) uticao na sadržaj linolne kiseline u žumancima, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nije statistički značajno uticao ($p > 0,05$).

Dalje, u tabeli 5.2.21. prikazane su prosečne srednje vrednosti sadržaja α -linolenske kiseline (C18:3 ω -3) u žumancima tokom 30 dana ishrane kokoši koje su se kretale u intervalu od 0,65% (K1) do 3,27% (H2) 10. dana; od 0,79% (K1) do 3,58% (H2) 15. dana; od 0,73% (K1) do 2,88% (H2) 20. dana, od 0,85% (K1) do 2,92% (H2) 25. dana i od 0,77% (K1) do 2,78% (H2) 30. dana. Sadržaj α -linolenske kiseline u žumancima iz eksperimentalnih tretmana H1 i H2 bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) u odnosu na sadržaj ove kiseline u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 tokom celog perioda ishrane. Takođe, 15. dana ishrane kokoši nosilja sadržaj α -linolenske kiseline u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H2 bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) od sadržaja ove kiseline u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H1. Ostale razlike u sadržaju α -linolenske kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kako se vidi iz prikazanih rezultata na sadržaj α -linolenske kiseline u žumancima nisu uticali vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman, ali je tretman uticao, odnosno dodatak ko-ekstrudata konoplje u ishranu kokoši nosilja vrednost ove masne kiseline se povećala statistički značajno ($p < 0,001$).

Nadalje, u istoj tabeli prikazane su i prosečne srednje vrednosti eikozapentaenske kiseline (EPA, C20:5 ω -3) u žumancima, čije su se vrednosti kretale 10. dana u intervalu od 0,04% (K1) do 0,06% (K2); 15. dana od 0,05% (H1 i H2) do 0,07% (K1); 20. dana od 0,05% (K1 i K2) do 0,06% (H1 i H2), 25. dana od 0,04% (K2) do 0,07% (H1 i H2) i 30. dana u intervalu od 0,03% (K1) do 0,08% (H2). Sadržaj eikozapentaenske kiseline

30. dana bio je statistički značajno različit ($p < 0,05$) u žumancima između eksperimentalnih (H1 i H2) i kontrolnih tretmana (K1 i K2), osim između K2 i H1. Ostale razlike u sadržaju EPA kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kako se vidi iz prikazanih rezultata na sadržaj eikozapentaenske kiseline u žumancima nisu uticali vreme hranjenja (dan) i dan x tretman, ali je tretman uticao, odnosno dodatakom ko-ekstrudata konoplje u ishranu kokoši nosilja vrednost ove masne kiseline se povećala statistički značajno ($p < 0,05$).

U istoj tabeli prikazane su i prosečne srednje vrednosti sadržaja dokozaheksaenske kiseline (DHA, C22:6 ω -3) gde se vidi da se sadržaj ove masne kiseline u žumancima 10. dana kretao u intervalu od 0,82% (K1) do 1,70% (H2); 15. dana od 0,71% (K1) do 1,61% (H1); 20. dana u intervalu od 0,69% (K1) do 1,81% (H2); 25. dana u intervalu od 0,70% (K1) do 1,41% (H1) i 30. dana u intervalu od 0,62% (K1) do 1,41% (H1). Sadržaj DHA kiseline u žumancima iz eksperimentalnih tretmana H1 i H2 bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) od sadržaja ove masne kiseline u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2, osim 15. i 30. dana kada nije bilo statistički značajne razlike ($p > 0,05$) u žumancima između eksperimentalnog tretmana H2 i kontrolnih tretmana K1 i K2. Ostale razlike u sadržaju DHA kiseline u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kako se vidi iz prikazanih rezultata na sadržaj DHA u žumancima nisu uticali vreme hranjenja (dan) i dan x tretman, ali je tretman uticao, odnosno dodatakom ko-ekstrudata konoplje u ishranu kokoši nosilja vrednost ove masne kiseline se povećala statistički značajno ($p < 0,001$).

Prosečne srednje vrednosti ukupnog sadržaja polinezasićenih masnih kiselina u žumancima kretale su se u intervalu od 15,00% (K1) do 27,17% (H2) 10. dana, od 15,81% (K1) do 29,24% (H2) 15. dana, od 15,81% (K1) do 27,19% (H2) 20. dana, od 17,29% (K1) do 26,88% (H2) 25. dana i od 14,87% (K1) do 25,20% (H2) 30. dana. Vrednosti sadržaja PUFA kiselina bile su statistički značajno različite ($p < 0,001$) u žumancima između eksperimentalnog tretmana H2 i kontrolnih tretmana K1 i K2 tokom celog perioda ishrane. Takođe, vrednosti sadržaja PUFA kiselina u

žumancima između kontrolnog tretmana K1 i eksperimentalnog tretmana H1 bile su statistički značajno različite ($p < 0,001$) 10., 15. i 20. dana ishrane, kao i u žumancima između eksperimentalnih tretmana H1 i H2, 15. i 20. dana. Ostale razlike u sadržaju PUFA kiselina u žumancima između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tabeli 5.2.21. na sadržaj ukupnih polinezasićenih masnih kiselina u žumancima statistički značajno ($p < 0,001$) je uticao tretman, odnosno dodatak ko-ekstrudata konoplje, dok vreme hranjenja (dan) i dan \times tretman nije uticao statistički značajno ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.21. Prosečne vrednosti sadržaja masnih kiselina u žumancima kontrolnih i eksperimentalnih tretmana

		Vreme (dani)					p-vrednost		
Masne kiseline (%)	Tretman	10	15	20	25	30	Dan	Tretman	DxT
C14:0 Miristinska kiselina	K1	0,33 ± 0,00 ^b	0,32 ± 0,01 ^a	0,30 ± 0,03 ^a	0,26 ± 0,00 ^{ab}	0,31 ± 0,02 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	0,29 ± 0,01 ^{ab}	0,25 ± 0,04 ^a	0,31 ± 0,07 ^a	0,29 ± 0,01 ^b	0,27 ± 0,02 ^a			
	H1	0,27 ± 0,02 ^{ab}	0,29 ± 0,01 ^a	0,29 ± 0,00 ^a	0,25 ± 0,02 ^{ab}	0,25 ± 0,02 ^a			
	H2	0,24 ± 0,03 ^a	0,28 ± 0,04 ^a	0,22 ± 0,02 ^a	0,22 ± 0,01 ^a	0,26 ± 0,00 ^a			
C16:0 Palmitinska kiselina	K1	28,14 ± 0,4 ^b	27,57 ± 0,5 ^c	28,61 ± 0,0 ^b	28,77 ± 1,0 ^b	28,26 ± 0,2 ^c	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	26,82 ± 1,7 ^b	27,60 ± 0,6 ^c	26,74 ± 0,4 ^b	27,18 ± 1,1 ^b	26,79 ± 0,3 ^b			
	H1	22,75 ± 0,61 ^a	23,74 ± 0,13 ^b	23,09 ± 0,32 ^a	22,79 ± 0,64 ^a	23,39 ± 0,17 ^a			
	H2	20,68 ± 0,40 ^a	21,07 ± 0,18 ^a	22,24 ± 1,22 ^a	21,85 ± 0,16 ^a	22,72 ± 0,59 ^a			
C18:0 Stearinska kiselina	K1	9,55 ± 0,92 ^a	9,25 ± 1,47 ^a	11,05 ± 0,38 ^a	11,77 ± 0,63 ^a	11,07 ± 0,11 ^a	p>0,05	p>0,05	p>0,05
	K2	10,34 ± 1,75 ^a	10,71 ± 0,21 ^a	9,91 ± 1,28 ^a	10,70 ± 0,43 ^a	11,46 ± 0,22 ^a			
	H1	10,68 ± 0,94 ^a	9,50 ± 0,75 ^a	9,47 ± 0,25 ^a	11,02 ± 1,39 ^a	10,82 ± 0,37 ^a			
	H2	10,14 ± 0,89 ^a	8,31 ± 0,71 ^a	10,66 ± 0,62 ^a	11,85 ± 0,68 ^a	10,92 ± 0,47 ^a			
C22:0 Behenska kiselina	K1	0,24 ± 0,03 ^a	0,22 ± 0,05 ^a	0,28 ± 0,02 ^a	0,28 ± 0,00 ^a	0,26 ± 0,02 ^a	p>0,05	p>0,05	p>0,05
	K2	0,25 ± 0,06 ^a	0,32 ± 0,10 ^a	0,23 ± 0,04 ^a	0,24 ± 0,03 ^a	0,26 ± 0,02 ^a			
	H1	0,24 ± 0,03 ^a	0,21 ± 0,02 ^a	0,21 ± 0,02 ^a	0,18 ± 0,05 ^a	0,22 ± 0,00 ^a			
	H2	0,23 ± 0,01 ^a	0,18 ± 0,01 ^a	0,25 ± 0,02 ^a	0,26 ± 0,02 ^a	0,22 ± 0,02 ^a			
SFA	K1	38,27 ± 1,4 ^a	37,36 ± 2,1 ^{bc}	40,24 ± 0,4 ^b	41,17 ± 1,7 ^b	40,21 ± 0,2 ^b	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	37,69 ± 3,5 ^a	38,88 ± 0,44 ^c	37,19 ± 0,8 ^{ab}	38,42 ± 1,6 ^{ab}	38,97 ± 0,3 ^b			
	H1	33,94 ± 1,55 ^a	33,74 ± 0,89 ^{ab}	33,06 ± 0,1 ^a	34,24 ± 0,78 ^a	34,67 ± 0,52 ^a			
	H2	31,28 ± 1,33 ^a	29,85 ± 0,48 ^a	33,37 ± 1,89 ^a	34,17 ± 0,56 ^a	34,12 ± 1,07 ^a			
C16:1 Palmito- leinska kis.	K1	2,72 ± 0,10 ^c	2,53 ± 0,14 ^{ab}	2,34 ± 0,26 ^a	2,06 ± 0,22 ^a	2,44 ± 0,12 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	1,94 ± 0,06 ^{ab}	1,78 ± 0,06 ^a	1,94 ± 0,38 ^a	2,02 ± 0,33 ^a	1,72 ± 0,11 ^a			
	H1	2,35 ± 0,22 ^{bc}	2,78 ± 0,35 ^b	2,62 ± 0,32 ^a	2,13 ± 0,51 ^a	2,28 ± 0,35 ^a			
	H2	1,79 ± 0,11 ^a	2,01 ± 0,32 ^{ab}	1,69 ± 0,14 ^a	1,53 ± 0,04 ^a	1,75 ± 0,10 ^a			
C18:1 ω-9 Oleinska	K1	44,01 ± 1,4 ^a	44,30 ± 2,2 ^a	41,60 ± 0,5 ^b	39,47 ± 3,0 ^a	42,12 ± 1,3 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	K2	42,45 ± 3,8 ^a	40,72 ± 0,26 ^a	43,05 ± 0,0 ^b	41,77 ± 0,2 ^a	41,85 ± 1,2 ^a			

kiselina	H1	40,64 ± 0,20 ^a	40,39 ± 2,78 ^a	41,68 ± 1,14 ^b	41,43 ± 1,66 ^a	40,8 ± 3,63 ^a			
	H2	39,62 ± 1,42 ^a	38,89 ± 1,52 ^a	37,74 ± 0,68 ^a	37,42 ± 0,26 ^a	38,93 ± 0,19 ^a			
MUFA	K1	46,73 ± 1,5 ^a	46,83 ± 2,3 ^a	43,94 ± 0,8 ^b	41,53 ± 3,3 ^a	44,91 ± 1,1 ^a			
	K2	44,39 ± 3,9 ^a	42,49 ± 0,3 ^a	44,99 ± 0,4 ^b	43,78 ± 0,1 ^a	43,97 ± 1,0 ^a			
	H1	42,99 ± 0,42 ^a	43,17 ± 3,12 ^a	44,3 ± 0,82 ^b	43,56 ± 1,15 ^a	43,07 ± 3,98 ^a	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	H2	41,40 ± 1,54 ^a	40,90 ± 1,20 ^a	39,43 ± 0,54 ^a	38,95 ± 0,30 ^a	40,68 ± 0,30 ^a			
C18:2 ω-6 Linolna kiselina	K1	13,31 ± 0,00 ^a	14,06 ± 0,07 ^a	14,16 ± 0,3 ^a	15,52 ± 1,18 ^a	13,19 ± 0,74 ^a			
	K2	15,92 ± 0,42 ^a	16,67 ± 0,65 ^a	16,12 ± 0,27 ^{ab}	15,97 ± 2,04 ^a	14,90 ± 1,14 ^{ab}			
	H1	18,66 ± 1,96 ^{ab}	18,86 ± 2,06 ^{ab}	18,27 ± 0,77 ^b	18,35 ± 1,75 ^{ab}	18,39 ± 3,37 ^{ab}	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	H2	21,91 ± 1,93 ^b	23,84 ± 1,59 ^b	22,18 ± 1,11 ^c	22,33 ± 0,05 ^b	20,78 ± 0,58 ^b			
C18:3 ω-3 α-linolenska kis. (ALA)	K1	0,65 ± 0,10 ^a	0,79 ± 0,14 ^a	0,73 ± 0,12 ^a	0,85 ± 0,20 ^a	0,77 ± 0,08 ^a			
	K2	0,83 ± 0,18 ^a	0,86 ± 0,09 ^a	0,83 ± 0,14 ^a	0,88 ± 0,24 ^a	0,98 ± 0,11 ^a			
	H1	2,52 ± 0,30 ^b	2,30 ± 0,12 ^b	2,40 ± 0,03 ^b	2,17 ± 0,22 ^b	2,17 ± 0,28 ^b	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	H2	3,27 ± 0,58 ^b	3,58 ± 0,29 ^c	2,88 ± 0,37 ^b	2,92 ± 0,02 ^b	2,78 ± 0,30 ^b			
C20:5 ω-3 EPA	K1	0,04 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a			
	K2	0,06 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^{ab}			
	H1	0,05 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,02 ^a	0,06 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,00 ^{bc}	p>0,05	p<0,05	p>0,05
	H2	0,05 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,01 ^c			
C22:6 ω-3 DHA	K1	0,82 ± 0,04 ^a	0,71 ± 0,13 ^a	0,69 ± 0,11 ^a	0,70 ± 0,11 ^a	0,62 ± 0,11 ^a			
	K2	0,89 ± 0,12 ^a	0,82 ± 0,32 ^{ab}	0,73 ± 0,17 ^a	0,75 ± 0,13 ^a	0,69 ± 0,08 ^{ab}			
	H1	1,52 ± 0,20 ^b	1,61 ± 0,06 ^b	1,70 ± 0,06 ^b	1,41 ± 0,01 ^b	1,41 ± 0,23 ^b	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	H2	1,70 ± 0,14 ^b	1,53 ± 0,20 ^{ab}	1,81 ± 0,17 ^b	1,31 ± 0,20 ^b	1,34 ± 0,14 ^{ab}			
PUFA	K1	15,00 ± 0,10 ^a	15,81 ± 0,28 ^a	15,81 ± 0,39 ^a	17,29 ± 1,53 ^a	14,87 ± 0,95 ^a			
	K2	17,91 ± 0,43 ^{ab}	18,63 ± 0,12 ^{ab}	17,82 ± 0,40 ^a	17,80 ± 1,69 ^a	17,00 ± 0,83 ^a			
	H1	22,98 ± 2,09 ^{bc}	23,03 ± 2,16 ^b	22,64 ± 0,72 ^b	22,20 ± 1,93 ^{ab}	22,26 ± 3,46 ^{ab}	p>0,05	p<0,001	p>0,05
	H2	27,17 ± 2,66 ^c	29,24 ± 1,71 ^c	27,19 ± 1,35 ^c	26,88 ± 0,26 ^b	25,20 ± 0,78 ^b			

^{abc} -vrednosti sadržaja masne kiseline u istom redu označene različitim malim slovima su statistički značajno različite; MK- masne kiseline; SFA – zasićene masne kiseline; MUFA – mononezasićene masne kiseline; ALA- α-linolenska kiselina, EPA- eikozapentaenska kiselina; DHA- dokozaheksaenska kiselina; PUFA – polinezasićene masne kiseline.

Sadržaj ω -6, ω -3 i odnos ω 6/ ω 3 masnih kiselina u žumancima

Iz rezultata prikazanih na grafiku 5. vidi se da je sadržaj omega 6 masnih kiselina bio najveći u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H2 i kretao se u intervalu od 21,00% do 24,07%, dok je najmanji sadržaj omega 6 masnih kiselina bio u žumancima iz eksperimentalnog tretmana C1 i kretao se u intervalu od 9,10% do 10,26% (tabela P1-13). Sadržaj omega 6 masnih kiselina bio je statistički značajno veći ($p < 0,05$) u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H2 u odnosu na iste vrednosti u žumancima iz svih ostalih tretmana tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja, osim vrednosti utvrđenih u žumancima iz tretmana H2 20. dana i žumancima iz tretmana H1 10., 15., 25. i 30. dana ishrane između kojih nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p > 0,05$). Takođe, sadržaj omega 6 masnih kiselina u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H1 koji se kretao u intervalu od 18,48% do 19,07% bio je statistički značajno veći ($p < 0,05$) u odnosu na iste vrednosti u žumancima iz svih ostalih tretmana tokom celog perioda ishrane, osim vrednosti utvrđenih u žumancima iz tretmana H1 20. dana i žumancima iz kontrolnog tretmana K2 10., 15., 25. i 30. dana između kojih nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p > 0,05$). Žumanca iz kontrolnih tretmana K1 i K2 su imali statistički značajno veći ($p < 0,05$) sadržaj omega 6 masnih kiselina u odnosu na žumanca iz eksperimentalnih tretmana L1, L2, C1 i C2 tokom celog perioda ishrane. Jedino između žumanaca iz kontrolnog tretmana K1 (20. dana) i žumanaca iz eksperimentalnog tretmana L1 (15. i 30. dana) i L2 (10. i 25. dana) nije bilo statistički značajne razlike ($p > 0,05$). Sadržaj omega 6 masnih kiselina se statistički značajno razlikovao ($p < 0,05$) u žumancima između eksperimentalnih tretmana C1, C2, L1 i L2 tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja, osim između L1 (15. i 30. dana) i L2 (10. i 25. dana), zatim između L1 (10., 20. i 25. dana) i L2 (15., 20. i 30. dana), kao i između C1 (25. dana) i C2 (10., 15., 20. i 30. dana).

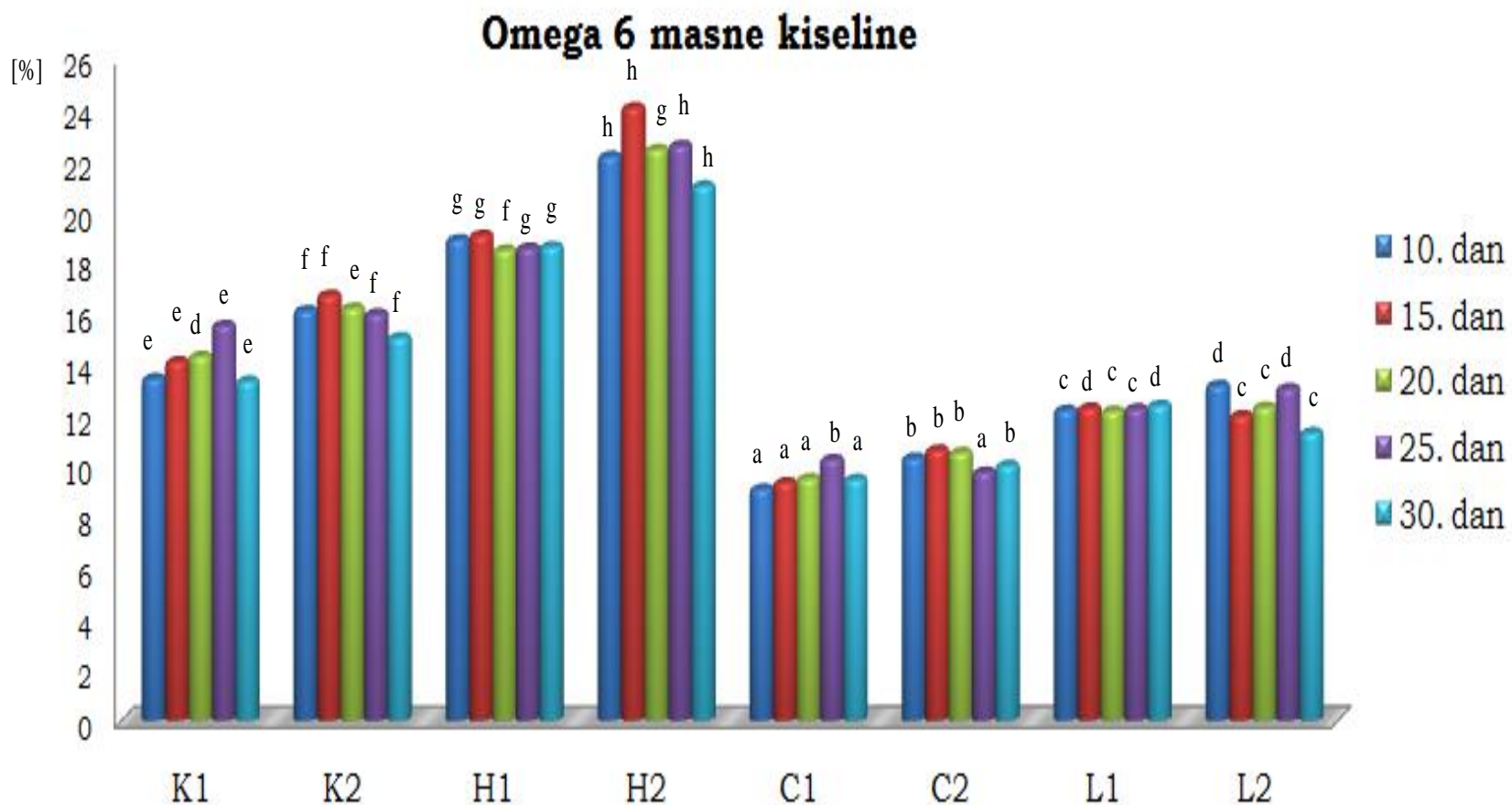
Kako se iz rezultata prikazanih na grafiku 6. vidi, sadržaj omega 3 masnih kiselina bio je najveći u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2 gde su kokoši nosilje hranjene sa ko-ekstrudatom lana i kretao se

u intervalu od 8,07% do 8,64% za žumanca iz eksperimentalnog tretmana L1, i od 10,20% do 11,15% za žumanca iz eksperimentalnog tretmana L2, dok su najmanje vrednosti bile u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 (od 1,42% do 1,59%) i K2 (od 1,62% do 1,78%) (tabela P1-14). Sadržaj omega 3 masnih kiselina bio je statistički značajno različit u žumancima između svih tretmana ($p < 0,05$) tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja, osim između C2 (15. dana) i C1 (10., 20., 25. i 30. dana), između L1 (15. dana) i C2 (10., 20., 25. i 30. dana), kao i između L2 (15. dana) i L1 (10., 20., 25. i 30. dana).

Na grafiku 7. prikazan je odnos omega 6 i omega 3 masnih kiselina u žumancima koja su dobijena ishranom kokoši nosilja sa kontrolnim smešama i smešama sa dodatkom ko-ekstrudata lana, lanika i konoplje. Iz rezultata prikazanih na istom grafiku vidi se da se odnos ω_6/ω_3 masnih kiselina u žumancima iz kontrolnih tretmana kretao u intervalu od 8,84 do 9,87 za K1 i od 8,88 do 10,00 za K2, dok se kod žumanaca iz eksperimentalnih tretmana sa ko-ekstrudatom konoplje kretao u intervalu od 4,44 do 5,09 za H1 i od 4,44 do 5,26 za H2 (tabela P1-15). Za razliku od prethodnih tretmana kod kojih je odnos ω_6/ω_3 bio veći od 4:1, kod žumanaca dobijenih ishranom kokoši nosilja sa ko-ekstrudatom lana i lanika dobijeni su odnosi ω_6/ω_3 manji od 2:1 i to u žumancima iz eksperimentalnih tretmana C1 i C2 ova vrednost se kretala u intervalu od 1,74 do 1,95 za C1, i od 1,66 do 1,93 za C2, dok se u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2 ova vrednost kretala u intervalu od 1,43 do 1,51 za L1, i od 1,01 do 1,29 za L2.

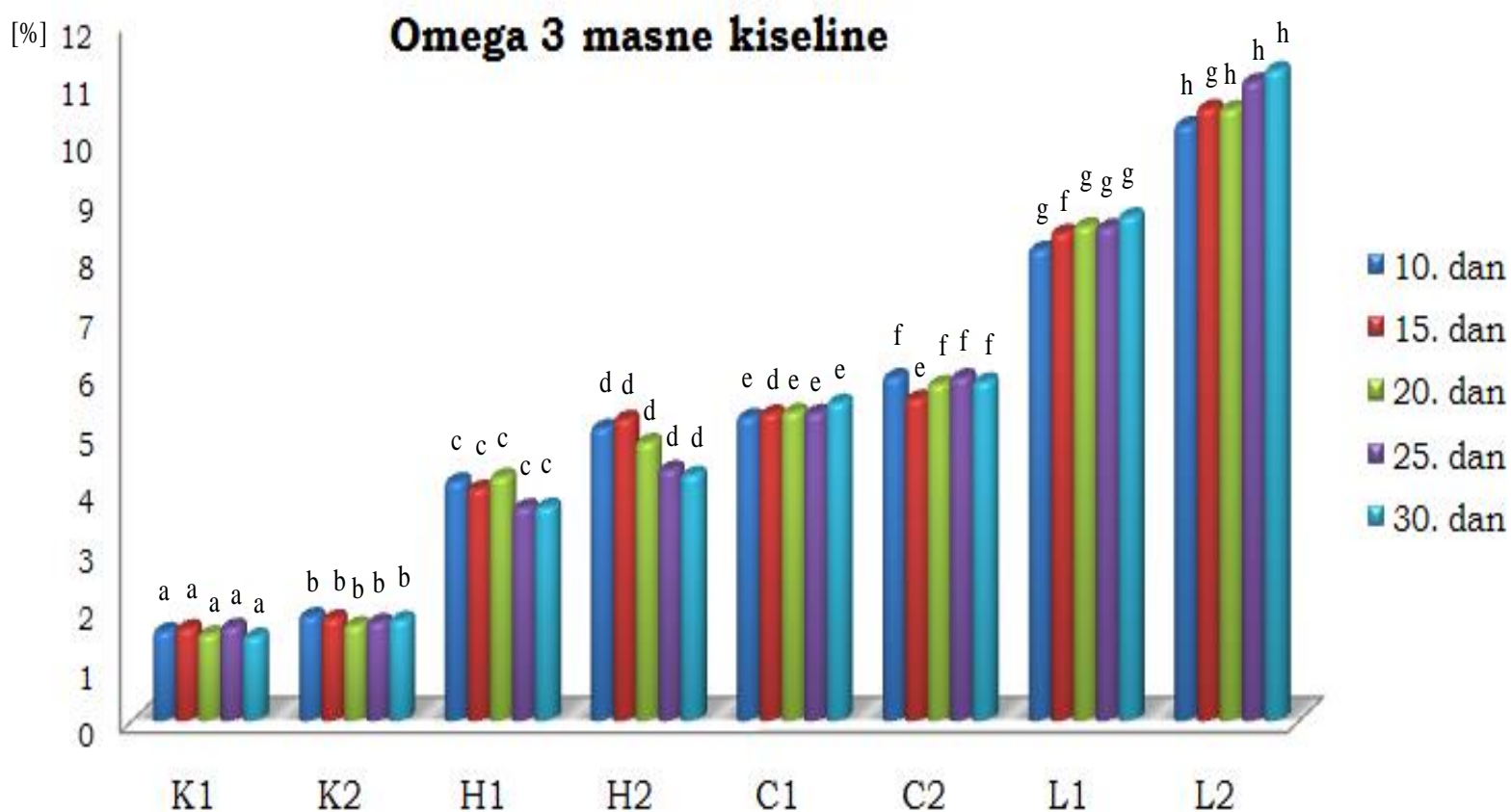
Žumanca iz kontrolnih tretmana K1 i K2 su imali statistički značajno veći ($p < 0,05$) odnos ω_6/ω_3 masnih kiselina u odnosu na žumanca iz svih eksperimentalnih tretmana tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja. Takođe, žumanca iz eksperimentalnih tretmana H1 i H2 su se statistički značajno razlikovali ($p < 0,05$) od ovih vrednosti u žumancima iz svih ostalih tretmana, jedino se žumanca iz tretmana H1 (20. dana) i H2 (10. i 30. dana) nisu statistički značajno razlikovali ($p > 0,05$) od žumanaca iz tretmana C1 (25. dana) i C2 (15. dana).

Dalje se iz rezultata prikazanih na grafiku 7. vidi da odnos ω_6/ω_3 masnih kiselina nije statistički značajno različit ($p>0,05$) u žumancima između eksperimentalnih tretmana C1 i C2 (osim između C1 15. dana i C2 10., 20., 25. i 30. dana), međutim statistički značajno se razlikuju ($p<0,05$) od žumanaca iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2 tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja. Takođe, iz rezultata prikazanih na grafiku 7. vidi se da između žumanaca iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2 postoji statistički značajna razlika ($p<0,05$) u odnosu ω_6/ω_3 masnih kiselina tokom celog perioda ishrane.



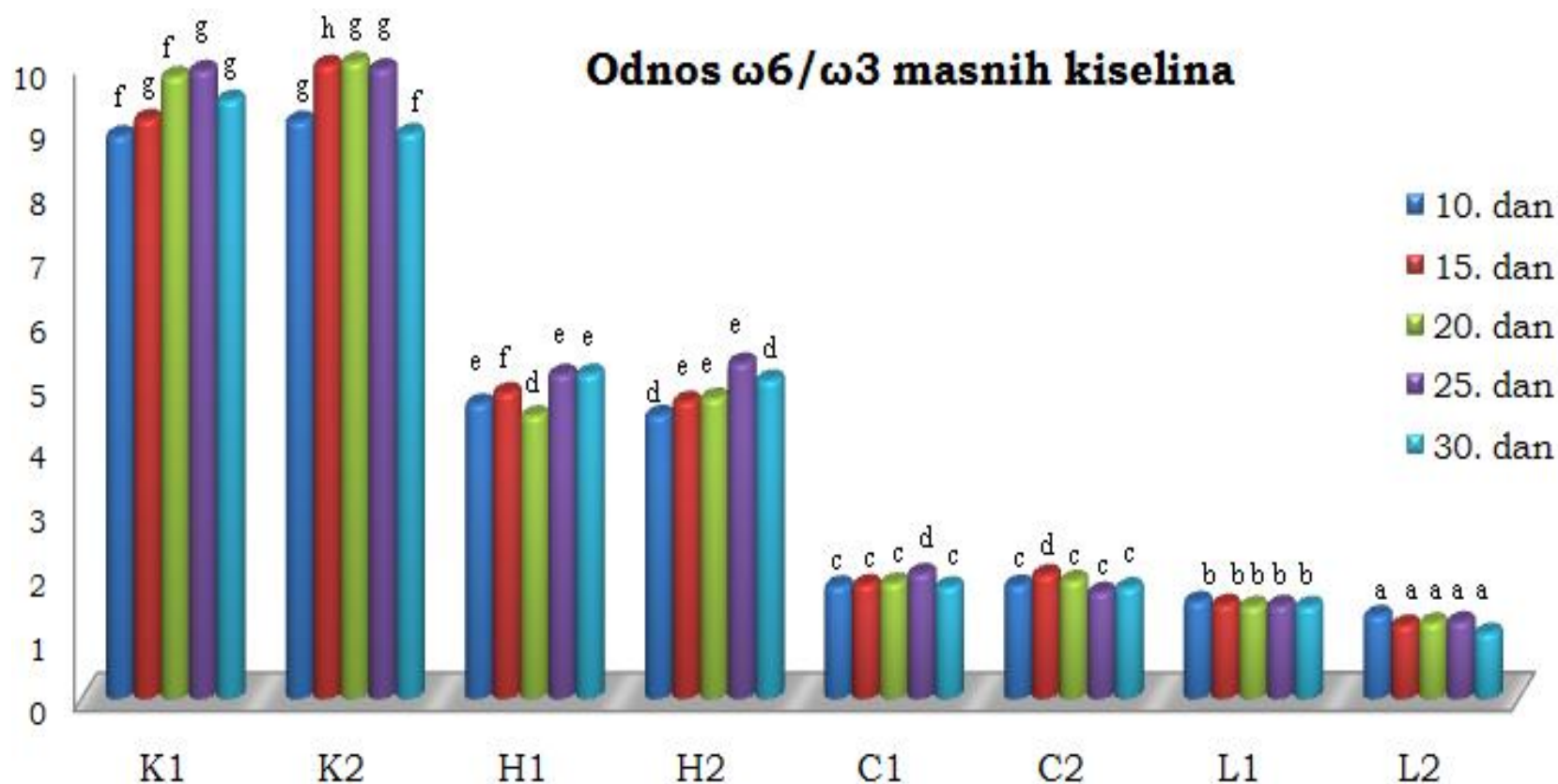
K1 i K2 – kontrolni tretmani sa 3 i 5% ulja; H1 i H2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata konoplje; C1 i C2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lanika; L1 i L2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lana
Vrednosti označene različitom slovnom oznakom se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Grafik 5. Sadržaj omega 6 masnih kiselina u žumancima



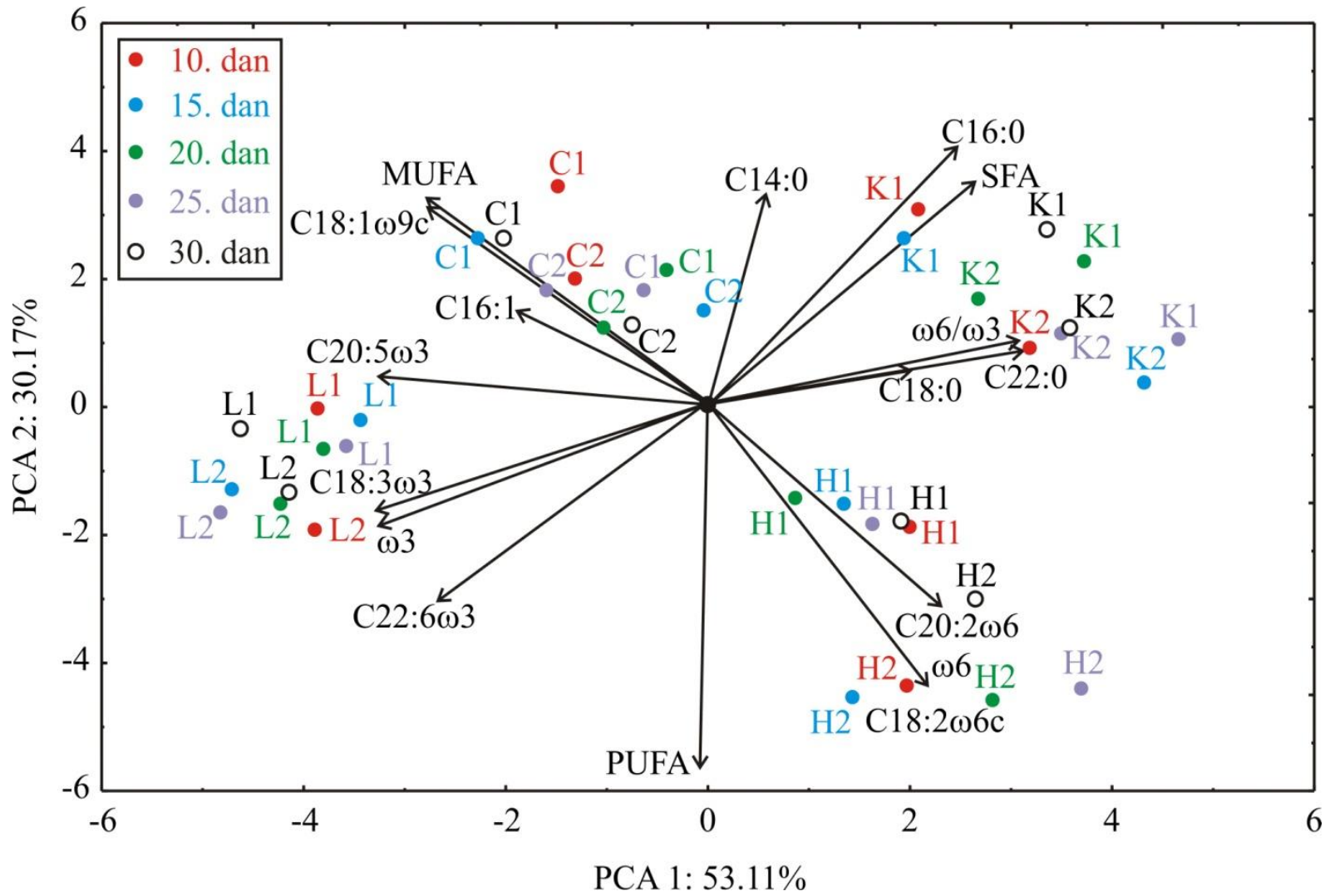
K1 i K2 – kontrolni tretmani sa 3 i 5% ulja; H1 i H2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata konoplje; C1 i C2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lanika; L1 i L2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lana. Vrednosti označene različitim slovnim oznakom se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Grafik 6. Sadržaj omega 3 masnih kiselina u žumancima



K1 i K2 – kontrolni tretmani sa 3 i 5% ulja; H1 i H2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata konoplje; C1 i C2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lanika; L1 i L2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lana. Vrednosti označene različitom slovnim oznakom se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Grafik 7. Odnos omega 6/omega 3 masnih kiselina u žumancima



Grafik 8. PCA analiza masnih kiselina u žumancima

PCA analiza masnih kiselina u žumancima

Iz rezultata PCA analize masnih kiselina u žumancima prikazanih na grafiku br 8. vidi se jasno grupisanje tretmana prema masnokiselinskom sastavu. PC 1 koordinata opisuje razdvajanje uzoraka prema tretmanima dok PC 2 koordinata objašnjava varijacije uzoraka prema sastavu masnih kiselina. Kvalitet rezultata pokazuje da se prve dve glavne komponente, koje predstavljaju 83,28% agregatne varijabilnosti, mogu smatrati adekvatnim za prikaz podataka.

U gornjem desnom uglu PCA grafika izdvaja se skupina kojoj pripadaju žumanca iz kontrolnih tretmana koji imaju najviše zasićenih masnih kiselina (SFA) i najveći odnos ω_6/ω_3 masnih kiselina u odnosu na ostale tretmane.

U donjem desnom uglu izdvaja se grupa uzoraka kojoj pripadaju žumanca iz eksperimentalnih tretmana H1 i H2 (tretmani u kojima su kokoši nosilje hranjene ko-ekstrudatom konoplje). Ova žumanca imaju najveću količinu ω_6 masnih kiselina, od kojih je najzastupljenija linolna kiselina C18:2 ω_6 .

Na levoj strani PCA grafika izdvajaju se grupe uzoraka kojima pripadaju žumanca iz eksperimentalnih tretmana L1, L2, C1 i C2 (tretmani gde su kokoši nosilje hranjene ko-ekstrudatom lana, odnosno ko-ekstrudatom lanika). Ova žumanca imaju više ω_3 nezasićenih masnih kiselina, kao i mononezasićenih masnih kiselina u odnosu na žumanca iz kontrolnih tretmana K1 i K2 i eksperimentalnih tretmana H1 i H2.

Uzimajući u obzir mapu PCA, pozitivan uticaj na prvu glavnu komponentu iskazali su sadržaji masnih kiselina: C16:0 (5,2% ukupne varijanse, zasnovano na korelacijama), C20:2 ω_6 (5,2%), C22:0 (9,4%), SFA (6,1%) i ω_6/ω_3 (8,4%), dok je negativan uticaj na prvu glavnu komponentu primećen kod sadržaja masnih kiselina: C18:1 ω_9 (6,9%), C18:3 ω_3 (9,5%), C20:5 ω_3 (9,6%), C22:6 ω_3 (6,9%), MUFA (6,8%) i ω_3 (9,5%).

Pozitivan uticaj na drugu glavnu komponentu iskazali su sadržaji masnih kiselina: C14:0 (9,5%), C16:0 (9,9%), C18:1 ω_9 (6,4%), SFA (7,7%), MUFA (6,8%), a negativan uticaj na drugu glavnu komponentu imali su

sadržaji masnih kiselina: C18:2 ω 6 (11,1%), C20:2 ω 6 (6,2%), C22:6 ω 3 (6,1%), PUFA (19,0%) i ω 6 (11,1%)

5.2.5. Sadržaj tokoferola u žumancima

Na graficima od 9. do 11. i u tabeli P1-16. prikazan je sadržaj i sastav tokoferola u žumancima, pri čemu je na grafiku 9. prikazan sadržaj α -tokoferola, na grafiku 10. sadržaj $\beta+\gamma$ – tokoferola, a na grafiku 11. ukupan sadržaj tokoferola, tokom 30 dana ishrane kokoši nosilja sa kontrolnim smešama i smešama sa ko-ekstrudatom lana, lanika i konoplje kojima je dodat vitamin E kao antioksidans nakon procesa ekstrudiranja. Ukupan tokoferol čine α , β , γ i δ – tokoferol. Količina δ -tokoferola je bila ispod 0,1 mg/100g, a količina $\beta+\gamma$ – tokoferola je takođe mala, do 1 mg/100g, što ukazuje da ukupni tokoferol u najvećoj meri čini sadržaj α – tokoferola, što se može i videti ako se uporede grafik 9 i 11, jer se uočava isti trend promena u tretmanima nakon 10. 20. i 30. dana ishrane kokoši nosilja.

Iz rezultata prikazanih na grafiku 9. vidi se da je sadržaj α -tokoferola bio najveći u žumancima iz eksperimentalnog tretmana C2, a najmanji u žumancima iz kontrolnog tretmana K1. Iz rezultata prikazanih na istom grafiku takođe se vidi da su se 10. dana prosečne vrednosti sadržaja α -tokoferola kretale u intervalu od 4,74 mg/100g (K1) do 28,63 mg/100g (C2). Vrednosti sadržaja α -tokoferola bile su statistički značajno različite ($p<0,05$) u žumancima između svih tretmana, osim u žumancima između tretmana H1 i H2 gde nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$).

Iz prikazanih rezultata na istom grafiku vidi se da se 20. dana sadržaj α -tokoferola statistički značajno smanjio ($p<0,05$) u žumancima iz tretmana K2, L1, L2 i C2, dok u žumancima iz tretmana K1, C1, H1 i H2 to smanjenje nije bilo statistički značajno ($p>0,05$). Prosečne vrednosti sadržaja α -tokoferola 20. dana kretale su se u intervalu od 4,64 mg/100g (K1) do 25,22 mg/100g (C2). Vrednosti sadržaja α -tokoferola, 20. dana, bile su statistički značajno različite ($p<0,05$) u žumancima između svih tretmana, osim u žumancima između tretmana L2 i C1, kao i u

žumancima između tretmana H1 i H2 gde nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$).

Dalje, kao što je prikazano na grafiku 9. vidi se da se 30. dana sadržaj α -tokoferola statistički značajno smanjio ($p<0,05$) u odnosu na 20. dan u žumancima iz tretmana K1, K2, L2 i C2, dok u žumancima iz tretmana L1, C1, H1 i H2 to smanjenje nije bilo statistički značajno ($p>0,05$). Vrednosti sadržaja α -tokoferola kretale su se u intervalu od 1,45 mg/100g (K1) do 22,81 mg/100g (C2). Vrednosti sadržaja α -tokoferola 30. dana bile su statistički značajno različite ($p<0,05$) u žumancima između svih tretmana, osim u žumancima između tretmana H1 i H2 gde nije utvrđena statistički značajna razlika ($p>0,05$).

Iz rezultata prikazanih na grafiku 10. vidi se da su se 10. dana prosečne vrednosti sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola kretale u intervalu od 0,29 mg/100g (L1) do 0,79 mg/100g (K2). Vrednosti sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola bile su statistički značajno različite ($p<0,05$) u žumancima između svih tretmana, osim u žumancima iz tretmana K1 sa žumancima iz tretmana C2, H1 i H2 kao i u žumancima iz tretmana L2 sa žumancima iz tretmana C2, H1 i H2 gde nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$).

Prosečne vrednosti sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola 20. dana kretale su se u intervalu od 0,18 mg/100g (L1) do 0,82 mg/100g (K2). Vrednosti sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola utvrđene u žumancima iz tretmana K2 bile su statistički značajno veće ($p<0,05$) od vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Vrednosti sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola utvrđene u žumancima iz tretmana L1 bile su statistički značajno manje ($p<0,05$) od vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, takođe i vrednosti sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola utvrđene u žumancima iz tretmana H2 bile su statistički značajno različite ($p<0,05$) od vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana osim žumanaca iz tretmana L2, C2 i H1 sa kojima nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p>0,05$).

Dalje, kao što je prikazano na grafiku 10. vidi se da se 30. dana sadržaj $\beta+\gamma$ – tokoferola statistički značajno smanjio ($p<0,05$) u žumancima iz tretmana K1 i K2, dok u žumancima iz svih ostalih tretmana to smanjenje nije bilo statistički značajno ($p>0,05$). Vrednosti

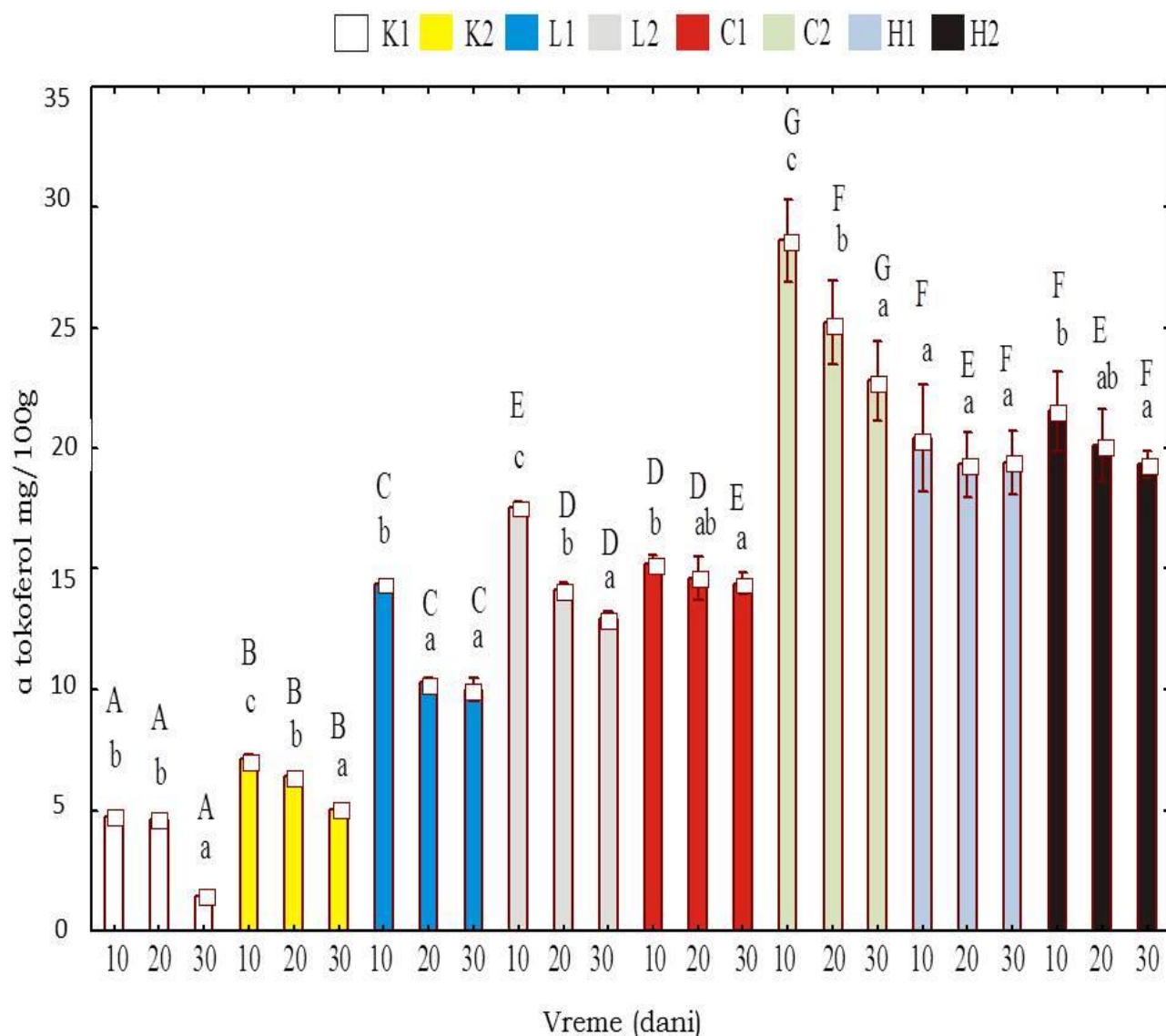
sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola kretale su se u intervalu od 0,19 mg/100g (K1) do 0,76 mg/100g (K2). Vrednosti sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola utvrđene u žumancima iz tretmana K2 bile su statistički značajno veće ($p<0,05$) od vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana. Vrednosti sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola utvrđene u žumancima iz tretmana K1 bile su statistički značajno manje ($p<0,05$) od vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim žumanaca iz tretmana L1 sa kojima nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p>0,05$). Takođe i vrednosti sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola utvrđene u žumancima iz tretmana L2 i C1 bile su statistički značajno različite ($p<0,05$) od vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim žumanaca iz tretmana L1 sa kojima nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p>0,05$). Vrednosti sadržaja $\beta+\gamma$ – tokoferola utvrđene u žumancima iz tretmana C2 i H2 bile su statistički značajno različite ($p<0,05$) od vrednosti utvrđenih u žumancima iz svih ostalih tretmana, osim žumanaca iz tretmana H1 sa kojima nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p>0,05$).

Iz rezultata prikazanih na grafiku 11. vidi se da je 10. dana sadržaj ukupnih tokoferola bio najmanji u žumancima iz kontrolnog tretmana K1 (5,21 mg/100g) a najveći u žumancima iz eksperimentalnog tretmana C2 (29,18 mg/100g). Vrednosti sadržaja ukupnih tokoferola bile su statistički značajno različite ($p<0,05$) u žumancima između svih tretmana.

Iz prikazanih rezultata na istom grafiku vidi se da se 20. dana sadržaj ukupnih tokoferola statistički značajno smanjio ($p<0,05$) u žumancima iz tretmana K2, L1, L2, C2 i H1, dok u žumancima iz tretmana K1, C1 i H2 to smanjenje nije bilo statistički značajno ($p>0,05$). Prosečne vrednosti sadržaja ukupnih tokoferola kretale su se u intervalu od 5,13 mg/100g (K1) do 25,76 mg/100g (C2). Vrednosti sadržaja ukupnih tokoferola, 20. dana, bile su statistički značajno različite ($p<0,05$) u žumancima između svih tretmana, osim u žumancima između tretmana L2 i C1, kao i u žumancima između tretmana H1 i H2 gde nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$).

Dalje, kao što je prikazano na grafiku 11. vidi se da se 30. dana sadržaj ukupnih tokoferola statistički značajno smanjio ($p<0,05$) u

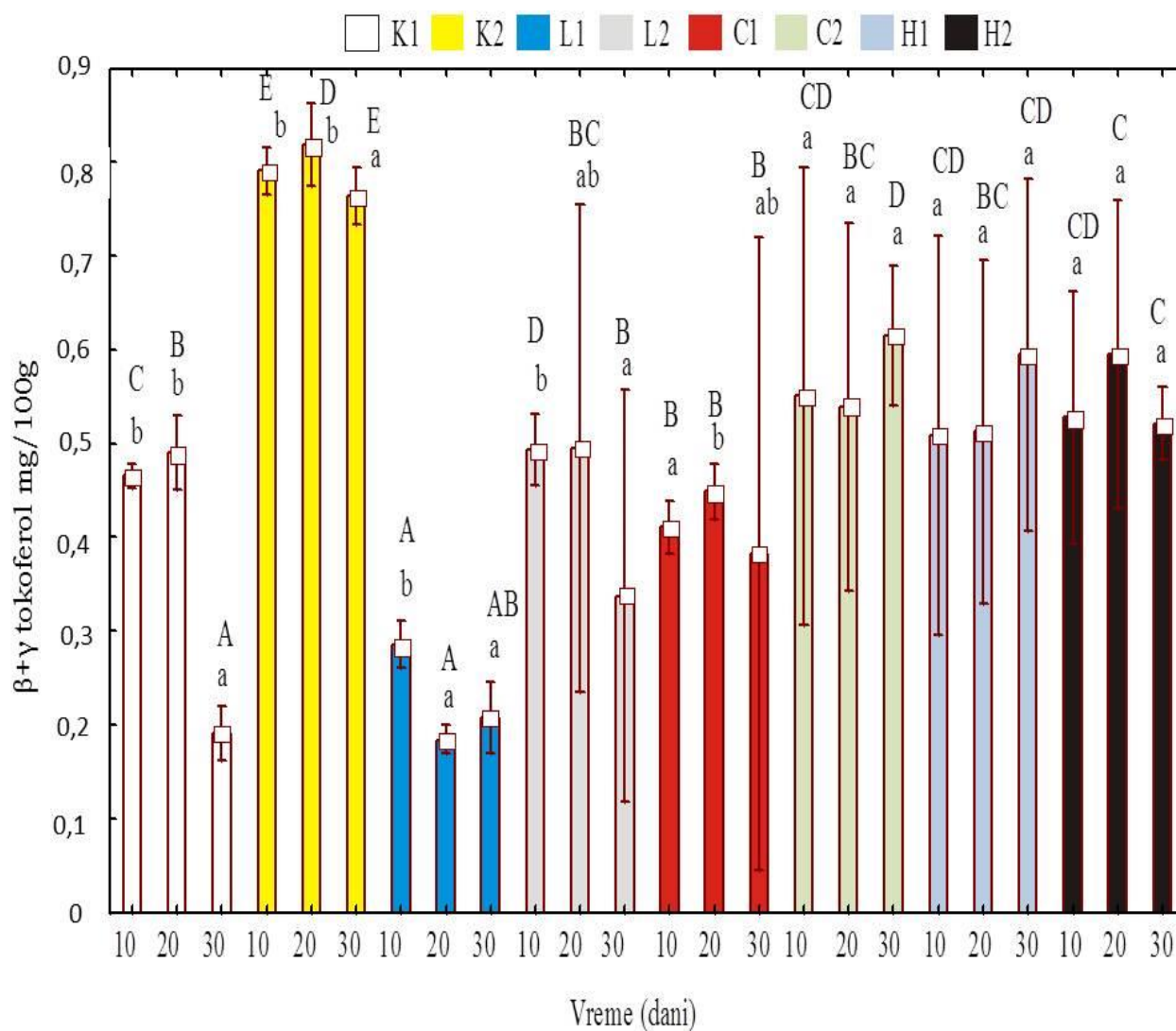
žumancima iz tretmana K1, K2, L2 i C2, dok u žumancima iz tretmana L1, C1, H1 i H2 to smanjenje nije bilo statistički značajno ($p>0,05$). Vrednosti sadržaja ukupnih tokoferola kretale su se u intervalu od 1,64 mg/100g (K1) do 23,62 mg/100g (C2). Vrednosti sadržaja ukupnih tokoferola, 30. dana, bile su statistički značajno različite ($p<0,05$) u žumancima između svih tretmana, osim u žumancima između tretmana H1 i H2 gde nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$).



K1 i K2 – kontrolni tretmani sa 3% i 5% ulja; L1 i L2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lana; C1 i C2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lanika; H1 i H2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata konoplje.

^{a-e} - vrednosti označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana na nivou $p < 0,05$, ^{A-H} - vrednosti označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana, na nivou $p < 0,05$.

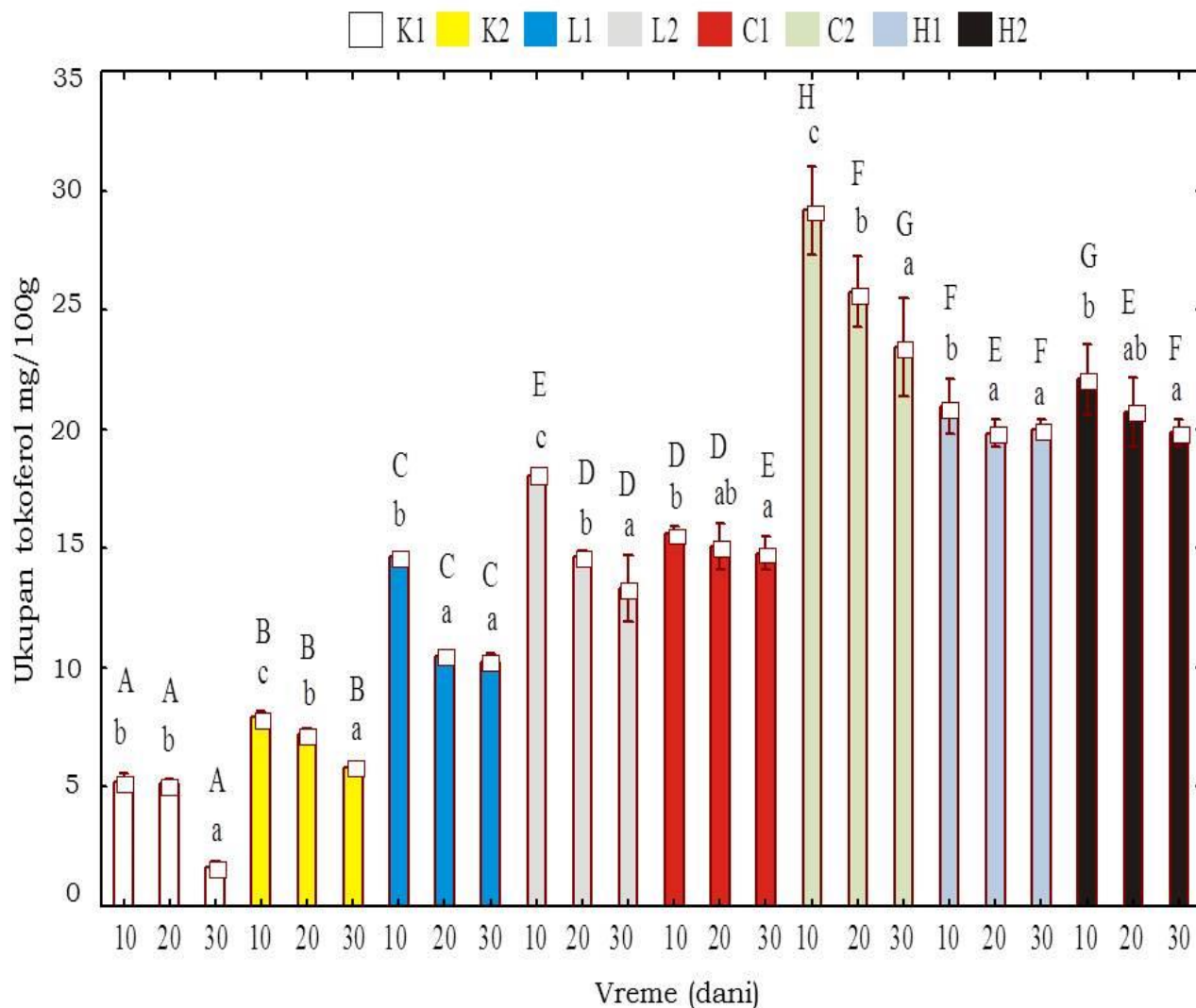
Grafik 9. Sadržaj α - tokoferola u žumancima



K1 i K2 – kontrolni tretmani sa 3% i 5% ulja; L1 i L2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lana; C1 i C2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lanika; H1 i H2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata konoplje.

a-c - vrednosti označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana na nivou $p < 0,05$, A-G - vrednosti označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana, na nivou $p < 0,05$.

Grafik 10. Sadržaj $\beta + \gamma$ - tokoferola u žumancima



K1 i K2 – kontrolni tretmani sa 3% i 5% ulja; L1 i L2 eksperimentalni tretmani sadodatkom ko-ekstrudata lana; C1 i C2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata lanika; H1 i H2 eksperimentalni tretmani sa dodatkom ko-ekstrudata konoplje.

a-c - vrednosti označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana na nivou $p < 0,05$, A-H - vrednosti označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana, na nivou $p < 0,05$.

Grafik 11. Sadržaj ukupnih tokoferola u žumancima

5.2.6. Senzorski kvalitet svežih i kuvanih jaja

Senzorska ocena svežih jaja

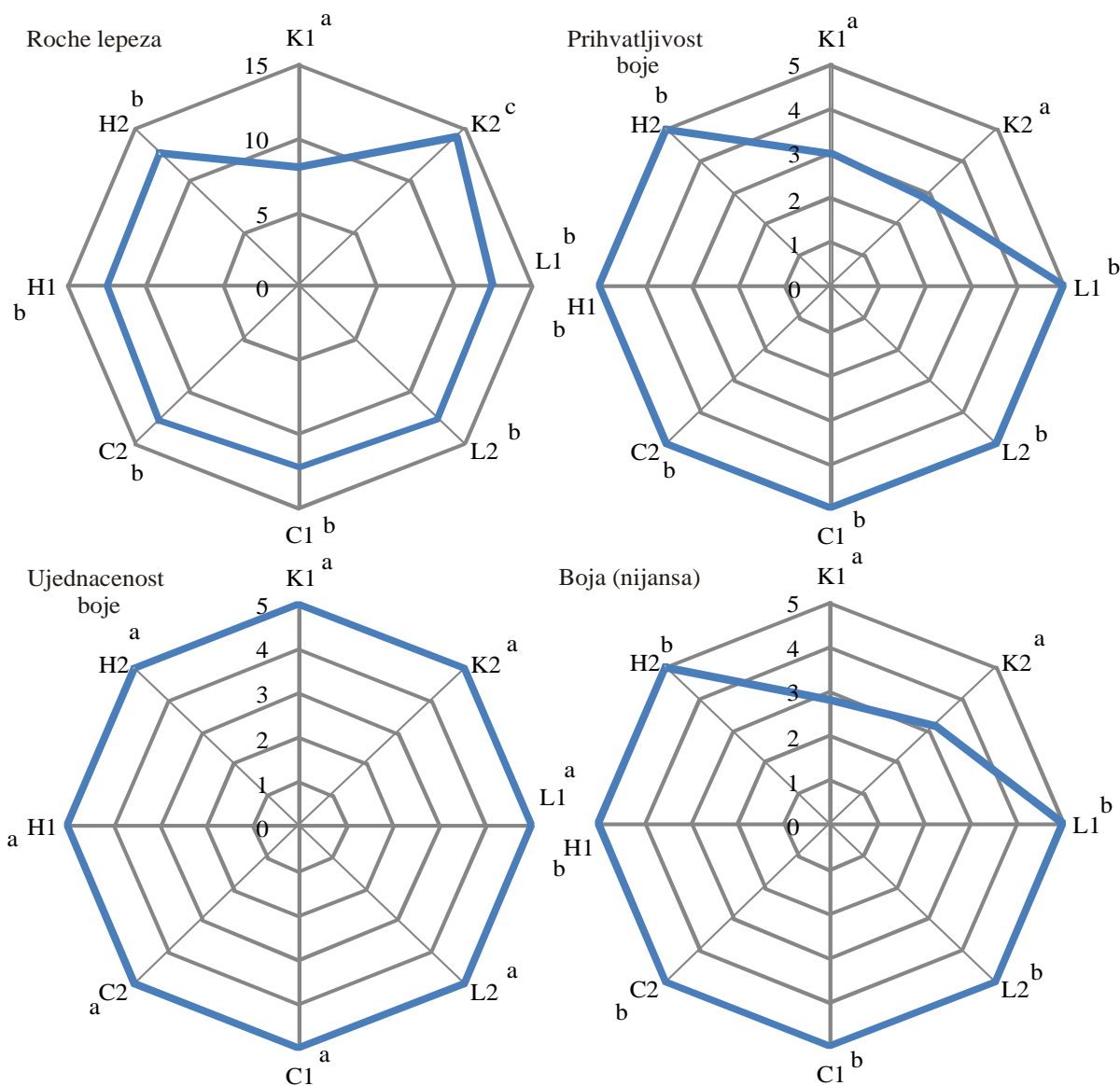
Na osnovu radio dijagrama prikazanih na grafiku 12. vidi se da su svi eksperimentalni tretmani L1, L2, C1, C2, H1 i H2 (sa dodatkom 1% šargarepe i 0,5% paprike) imali slične vrednosti boje žumanaca od 12,20-12,80 prema Roche lepezi i između ovih tretmana nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$). Žumanca iz kontrolnog tretmana K1 (bez dodatih sintetičkih pigmenata) imala su najmanju vrednost boje žumanaca prema Roche lepezi (8,00) koja su se statistički značajno razlikovala ($p<0,05$) od vrednosti boje žumanaca svih ostalih tretmana. Žumanca iz kontrolnog tretmana K2 (sa dodatim sintetičkim pigmentima) imala su najveću vrednost boje žumanaca prema Roche lepezi (14,20) koja su se statistički značajno razlikovala ($p<0,05$) od vrednosti boje žumanaca svih ostalih tretmana.

Iz rezultata prikazanih na grafiku 12. vidi se da je boja žumanaca postignuta u eksperimentalnim tretmanima (L1, L2, C1, C2, H1 i H2) najprihvatljivija. Između žumanaca iz ovih tretmana nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$), ali su se statistički značajno razlikovali ($p<0,05$) od vrednosti senzorske prihvatljivosti boje žumanaca postignutih u kontrolnim tretmanima K1 i K2. Dobijene vrednosti 2,60 (K1) i 2,80 (K2) za prihvatljivost boje žumanca kod kontrolnih tretmana ukazuje na to da je svetla boja žumanaca podjednako neprihvatljiva kao i tamna boja žumanca. Statistički značajne razlike za prihvatljivost boje žumanaca između kontrolnih tretmana nisu uočene ($p>0,05$).

Kao što je prikazano na grafiku 12., žumanca iz svih tretmana su imala iste vrednosti za ujednačenost boje i između ovih tretmana nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$).

Na osnovu rezultata prikazanih na grafiku 12. vidi se takođe da boja žumanca iz eksperimentalnih tretmana L1, L2, C1, C2, H1 i H2 nije odstupala od boje žumanca koja je bila zadata kao standard. Dobijene vrednosti 5 za boju (nijansu) ukazuju da su ova žumanca imala optimalnu

boju. Između žumanaca iz ovih tretmana nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$), ali su se statistički značajno razlikovali ($p<0,05$) od vrednosti postignutih u žumancima iz kontrolnih tretmana. Žumanca iz kontrolnih tretmana K1 i K2 imali su primetna odstupanja od zadate boje. Međutim, statistički značajne razlike za boju (nijansu) između žumanaca iz kontrolnih tretmana nisu uočene ($p>0,05$).



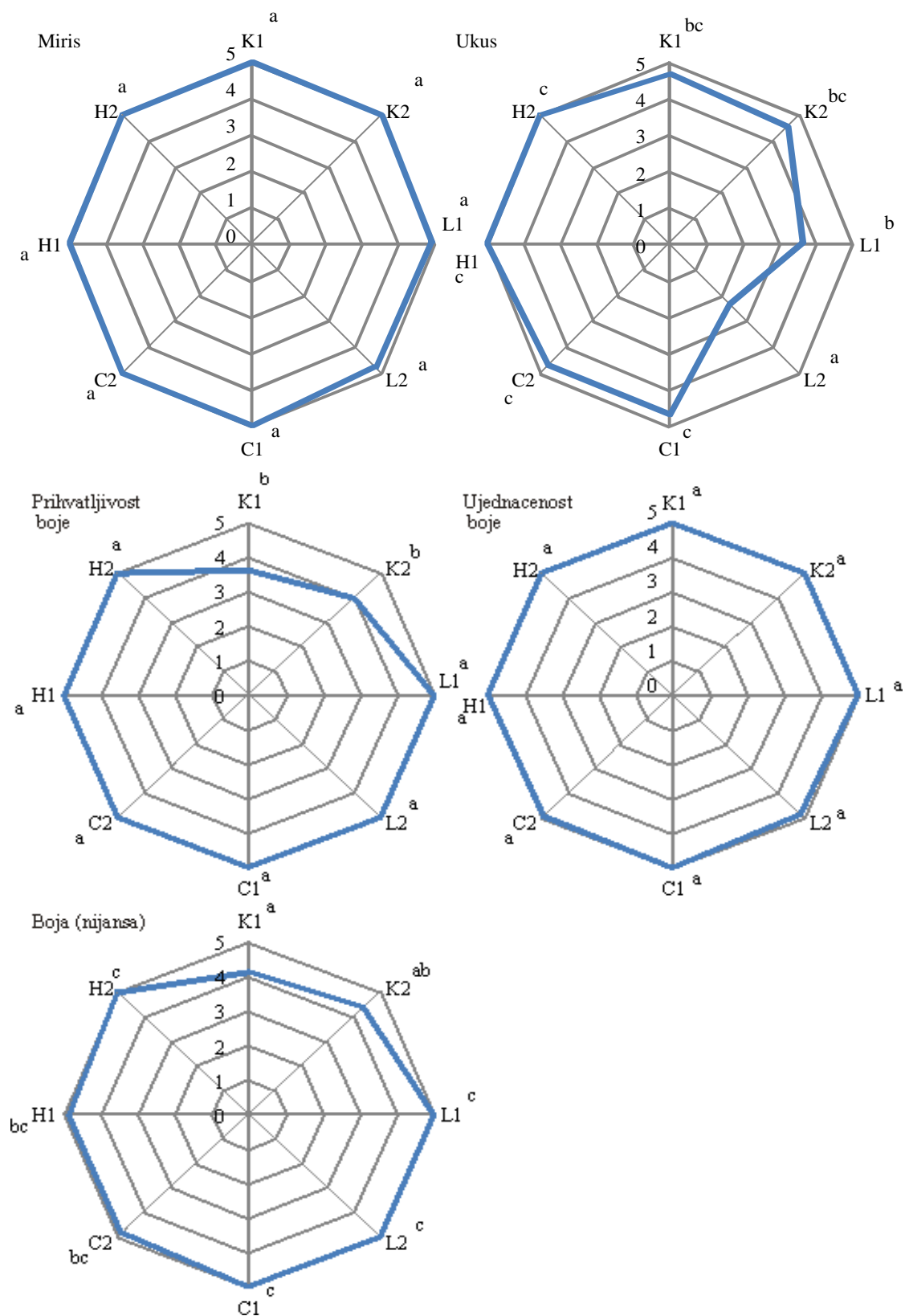
Grafik 12. Senzorska ocena svežih žumanaca nakon 30. dana ishrane kokoši nosilja

Senzorska ocena kuvanih jaja

Iz rezultata za miris, prikazanih na radio dijagramu na grafiku 13., vidi se da su kuvana jaja iz svih ispitivanih tretmana imala visoke senzorske ocene za miris, preko 4,7, odnosno da je miris svih uzoraka bio svojstven, bez prisustva stranih mirisa. Između ovih tretmana nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$).

Na osnovu rezultata senzorskih ocena za ukus, vidi se da su kuvana jaja iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2 sa ko-ekstrudatom lana imala najmanje ocene. Sa porastom udela ko-ekstrudata lana u ishrani kokoši nosilja smanjivala se i senzorska ocena za ukus, tako da su jaja iz eksperimentalnog tretmana L2 imala ocenu 2,3 što se definiše kao neprijatan ukus, sa pojavom naknadnog ukusa. Senzorska ocena za ukus jaja iz tretmana L2 se statistički značajno razlikuje ($p<0,05$) od tih vrednosti postignutih u kuvanim jajima iz svih ostalih tretmana. Takođe, i senzorska ocena jaja iz eksperimentalnog tretmana L1 se statistički značajno razlikuje ($p<0,05$) od tih vrednosti postignutih u kuvanim jajima iz svih ostalih tretmana, osim vrednosti postignutih u kuvanim jajima iz kontrolnih tretmana K1 i K2. Najbolje senzorske ocene i izuzetno prijatan ukus imala su kuvana jaja iz eksperimentalnih tretmana H1 i H2, sa dodatkom ko-ekstrudatom konoplje. Jaja iz ovih tretmana imala su više senzorske ocene za ukus od jaja iz kontrolnih tretmana K1 i K2, kao i iz eksperimentalnih tretmana C1 i C2, ali ne statistički značajno ($p>0,05$). Ostale razlike u senzorskoj oceni za ukus kuvanih jaja između ispitivanih tretmana nisu statistički značajne ($p>0,05$).

Kao što je prikazano na grafiku 13., kuvana jaja iz svih eksperimentalnih tretmana su imala prihvatljivu boju žumanaca. Statistički značajno niže ocene za prihvatljivost boje ($p<0,05$) imala su žumanca iz kontrolnih tretmana K1 i K2 u odnosu na žumanca iz eksperimentalnih tretmana. Razlike u senzorskoj oceni za prihvatljivost boje žumanaca između eksperimentalnih tretmana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$).



Grafik 13. Senzorska ocena kuvanih jaja nakon 30. dana ishrane

Na osnovu rezultata prikazanih na grafiku 13. za ujednačenost boje, vidi se da su kuvana jaja iz svih tretmana imala ujednačenu boju žumanaca, sa maksimalnim senzorskim ocenama, osim jaja iz eksperimentalnih tretmana C2 i L2 koja su imala nešto niže senzorske ocene, ali ne statistički značajno različite ($p>0,05$). Razlike u senzorskoj oceni za ujednačenost boje između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$).

Dalje, iz rezultata prikazanih na grafiku 13. za boju (nijansu), vidi se da su žumanca kuvanih jaja iz eksperimentalnih tretmana (L1, L2, C1, C2, H1 i H2) imala optimalnu boju, odnosno nisu odstupala od boje žumanca koja je bila zadata kao standard. U ovim vrednostima između ispitivanih tretmana nije bilo statistički značajne razlike ($p>0,05$), osim sa žumancima iz kontrolnog tretmana K1. Takođe, boja žumanca kontrolnog tretmana K2 se statistički značajno razlikovala ($p<0,05$) od boje žumanaca svih ostalih tretmana, osim boje žumanaca iz eksperimentalnih tretmana H1 i C2. Ostale razlike u senzorskoj oceni za boju (nijansu) žumanaca između ispitivanih tretmana nisu bile statistički značajne ($p>0,05$).

6. Diskusija

Proces formiranja boje žumanca je veoma kompleksan, naročito zbog činjenice da kokoši nosilje nemaju sposobnost sintetisanja pigmenata žumanca sopstvenim biohemijskim procesima i da boja žumanca zavisi od količine pigmenata unešenih putem hrane, kao i od sposobnosti prenošenja tih pigmenata iz sirovina u žumance, odnosno od njihove efikasnosti da oboje žumance. Boja žumanca, je ono što privlači ili odbija potrošače, te je jedan od bitnih parametara koji određuje plasman proizvoda na tržište. Stoga je bitno da se u ishrani kokoši nosilja koriste sirovine bogate karotenoidima koji imaju sposobnost da oboje žumanca. Na osnovu literaturnih navoda konstatovano je da se željena boja žumanca ne može ostvariti samo dodatkom žutih pigmenata, već isključivo kombinacijom crvenih i žutih karotenoida (Grashorn i Steinberg, 2002; Galobart i sar., 2004; Amaya i sar., 2014). Uzimajući u obzir navedene činjenice prvi zadatak rada ove doktorske disertacije bio je optimizacija boje žumanca dodatkom prirodnih izvora pigmenata u smeše za ishranu kokoši nosilja kojima su one hranjene u prvom biološkom ogledu. Kao zamena za sintetičku boju upotrebljavani su mlevena slatka začinska paprika, sušeni cvet nevena i sušena šargarepa, koje su umešavane u smeše za kokoši nosilje prema eksperimentalnom dizajnu. Ove tri sirovine korišćene su s obzirom da je paprika odličan izvor crvenih ksantofila, cvet nevena je izuzetno bogat žutim ksantofilima (Lokaewmanee i sar., 2010), a sušena šargarepa, iako bogata karotenoidima i mnogo jeftinija u odnosu na cvet nevena, nije mnogo korišćena kao sirovina za bojenje žumanca (Shahsavari, 2014).

Nakon proizvodnje kompletnih smeša za ishranu kokoši nosilja, pristupilo se hemijskim ispitivanjima napravljenih smeša. Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da su sve smeše u skladu sa zahtevima propisanim Pravilnikom o kvalitetu hrane za životinje (Sl. glasnik RS 4/2010, 113/2012, 27/2014, 25/2015 i 39/2016). Dobijene vrednosti

sadržaja vlage, proteina, masti, celuloze i pepela u smešama za ishranu kokoši nosilja su u skladu sa rezultatima drugih autora (Sikder i sar., 1998; Grashorn i Steinberg, 2002; Gurbuz i sar., 2003; Na i sar., 2004; Rowghani i sar., 2006; Li i sar., 2012).

Prema eksperimentalnom dizajnu napravljeno je 12 različitih smeša sa ciljem da se ispita: sposobnost bojenja žumanca svake od ovih sirovina (pojedinačno, u kombinaciji po dve i sve tri zajedno), kao i da se ispita njihov uticaj na tehnološke karakteristike i senzorsku ocenu. Dakle, namera je bila da se variranjem navedenih sirovina najpre uoči optimalni model, čiji rezultat je žumance definisane boje, koji će se koristiti kao standard u toku drugog biološkog oglada. Odnosno, da se analizom rezultata dobijenih u ovom ogledu dođe do jasnih odnosa između senzorskih i instrumentalnih pokazatelja boje, kao i da se da odgovor na pitanje koja kombinacija sirovina neće narušiti druge tehnološke parametre, a daće željenu boju žumanca između 12 i 14 prema Roche lepezi. Navedenu vrednost boje žumanca preferiraju potrošači u većini zemalja Evrope i Azije (Hernandez, 2005; Kralik i sar., 2006; Bovšková i sar., 2014), te je stoga postizanje ove vrednosti boje prema Roche lepezi bio jedan od ciljeva ove doktorske disertacije.

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5.1.2. može se videti da su se prosečne vrednosti mase celih jaja od 10. do 30. dana kretale u intervalu od 63,67 g do 72,68 g, što ih svrstava u jaja klase (S) prema Pravilniku o kvalitetu jaja i proizvoda od jaja („Sl. List SFRJ“ br. 55/89 i „Sl. list SCG“ br. 56/2003 - dr. pravilnik i 4/2004 - dr. pravilnik) kojoj pripadaju jaja mase od 65 - 70 g. Samo 10. dana jaja iz tretmana T1, T9 i T11, kao i 15. dana jaja iz tretmana T7 i T11 imala su masu ispod 65 g i pripadala su klasi A. Međutim, već nakon 20 dana ishrane, masa jaja se povećala preko 65 g u svim tretmanima, i tako se zadržala sve do kraja perioda ishrane. Razlike u masi jaja između ispitanih tretmana nisu statistički značajne ($p > 0,05$), što znači da dodatak nevena, šargarepe i paprike nije uticao na masu jaja. Ovi rezultati su u skladu sa dostupnom literaturom (Gurbuz i sar., 2003; Hasin i sar., 2006; Chowdhury i sar., 2008; Li i sar., 2012; Altuntaş i Aydin, 2014).

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.1.3. i 5.1.4. vidi se da su se mase žumanaca i belanaca od 10. do 30. dana kretale u intervalu od 15,28 do 19,54 g za žumanca, odnosno od 38,81 do 49,50 g za belanca. Masa žumanca i belanca varira u zavisnosti od mase celog jajeta i što je manja masa jajeta to je manja i masa žumanca i belanca. Ove vrednosti uslovljene su genetikom i starošću kokoši nosilja, a zavise i od odnosa žumance/belance, koji takođe zavisi od starosti kokoši nosilja i najmanji je kod kokoši starih do 28 nedelja, najveći kod kokoši starih između 55 i 78 nedelja, a kod kokoši starijih od 97 nedelja je srednji (Ahn i sar., 1997).

Masa žumanaca, kod Lokaewmanee i sar. (2010) koji su dodavali 0.1% ekstrakta paprike i 0.1% ekstrakta nevena, bila je oko 12,7 g, a masa belanaca 31,71 za kokoši stare 18 nedelja. Kod Rowghani i sar. (2006), koji su dodavali od 0,4% - 1,2% nevena i od 1% - 3% paprike, masa žumanaca se kretala u intervalu od 12,06 - 12,67 g za kokoši nosilje stare 25 nedelja. Hasin i sar. (2006) su kod kokoši starih 34 nedelje, izmerili masu žumanaca 14,3 g, a masu belanaca 38,78 g, dok je kod Sirri i sar. (2007) izmerena masa žumanaca iznosila 16,47g, a masa belanaca 39,25 g za kokoši nosilje stare preko 40 nedelja. Međutim, svi ovi autori navode da dodatak nevena i paprike nije značajno uticao na masu žumanaca i belanaca. Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji, jer nisu uočene statistički značajne ($p>0,05$) razlike u masi žumanaca i belanaca između ispitanih tretmana.

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.1.5. vidi se da se masa ljuske od 10. do 30. dana kretala u intervalu od 6,60 g – 8,19 g. Iako se iz prikazanih rezultata uočavaju promene u masi ljuske u svim tretmanima od 10. do 30. dana, te promene nisu statistički značajne ($p>0,05$), što znači da dodatak nevena, šargarepe i paprike nije značajno uticao na promenu mase ljuske. Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima drugih autora (Hasin i sar., 2006; Chowdhury i sar., 2008; Lokaewmanee i sar., 2010; Altuntaş i Aydin, 2014; Shabsavari, 2014).

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da dodatak prirodnih izvora pigmenata u količini od 1,5% nije uticao na tehnološke parametre kvaliteta jaja tako da se oni potpuno bezbedno mogu koristiti

kao zamena za sintetičke pigmente, što je pored optimizacije boje žumanaca takođe bio zadatak u prvom delu doktorske disertacije.

U cilju realizacije postavljenog zadatka, odnosno optimizacije boje žumanaca dodatkom prirodnih izvora pigmenata, boja je određena primenom nekoliko instrumentalnih metoda, kao i primenom vizuelne i senzorske metode.

Na osnovu analize dobijenih rezultata utvrđena je dobra korelacija između vrednosti boje žumanca utvrđene prema Roche lepezi i drugih instrumentalnih metoda, što je veoma bitno s obzirom da je ova vizuelna metoda izuzetno jednostavna, a vremenski i novčano nije zahtevna, kao i da je veoma praktična jer se može uspešno koristiti i u proizvodnim uslovima (Bovšková i sar., 2014).

Nakon ishrane kokoši nosilja sa dodatkom prirodnih izvora pigmenata u trajanju od 30 dana, vrednosti boje žumanca prema Roche lepezi kretali su se u intervalu od 7,67 (T1) do 14,71 (T12). U svim tretmanima (osim u T2) boja žumanca 10. dana je imala veće vrednosti nego 30. dana, što je posledica hranjenja kokoši nosilja, pre početka eksperimenta, komercijalnom smešom koja je imala dodate sintetičke pigmente. Period koji je potreban da se boja stabilizuje iznosi 7-14 dana. Ovaj period je varijabilan i zavisi od vrste i količine karotenoida u hrani za kokoši nosilje (Karadas i sar., 2006; Hammershøj i sar., 2010).

U kontrolnim tretmanima T1 i T2 kokoši su hranjene komercijalnim smešama, s tim što je u tretman T2 dodat sintetički pigment (0,005% karofil crvenog i 0,001% karofil žutog), a T1 je kao izvor pigmenata imao jedino kukuruz. Količina dodatih sintetičkih pigmenata u tretmanu T2 je bila preporuka proizvođača hrane za životinje iz fabrike „Patent Co.“ d.o.o. iz Mišićeva.

Vrednost boje žumanca od 7,67 prema Roche lepezi utvrđena u kontrolnom tretmanu (T1) je u skladu sa istraživanjima koja su utvrdila da se dodatkom kukuruza kao jedinog izvora pigmenata ne postiže vrednost boje žumanca preko 10 prema Roche lepezi, već se ove vrednosti kreću u intervalu od 4,33 do 9,08 u zavisnosti od dodate količine kukuruza u smešu za ishranu kokoši nosilja (Lokaewmanee i sar., 2010;

Kljak i sar., 2012; Li i sar., 2012; Sandeski i sar., 2014; Shahsavari, 2014; Sujatha i sar., 2015).

Nadalje, na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5.1.6. zapaža se poboljšanje boje žumanca dodatkom prirodnih pigmenata u tretmanima T3, T4, T5 i T9, gde je dodatak nevena ili šargarepe kako pojedinačno, tako i u kombinaciji, doveo do povećanja vrednosti boje žumanaca od 8,17 do 8,67 prema Roche lepezi, ali ne statistički značajno ($p > 0,05$) u odnosu na kontrolu T1. Ovo ukazuje da dodatak nevena i šargarepe kao pojedinačnih pigmenata (T3 i T9) ili kao njihovih kombinacija (T4 i T5) ne može formirati boju žumanca koju preferiraju evropski i azijski potrošači, ali može formirati boju koja zadovoljava američke potrošače, a koji preferiraju vrednost boje jaja od 7 do 10 prema Roche lepezi (Galobart i sar., 2004), kao i potrošače u Irskoj, severnoj Engleskoj i Švedskoj koji preferiraju žumanca sa vrednostima boje od 8 do 9 prema Roche lepezi (Bovšková i sar., 2014). Dobijene vrednosti boje žumanaca u tretmanima u kojima su kokoši hranjene sa nevenom su u skladu sa dostupnim literaturnim podacima (Rowghani i sar., 2006; Chowdhury i sar., 2008; Skřivan i sar., 2015). Od dostupne literature koja je ispitivala uticaj dodatka šargarepe u ishranu kokoši nosilja radi poboljšanja boje žumanca, kao osnovne sirovine korišćeni su pšenica i ječam (Sikder i sar., 1998; Hammershøj i sar., 2010; Shahsavari, 2014). Ni u jednoj od ovih studija šargarepa nije dodata u smešu sa kukuruzom kao osnovnom sirovinom, tako da su sve dobijene vrednosti (od 3,1 – 5,5) niže od 8,67 prema Roche lepezi, koliko je dobijeno u istraživanjima u okviru ove doktorske disertacije.

Iz prikazanih rezultata u tabeli 5.1.6, zapaža se da je vrednost boje žumanaca od 12,56 – 13,38 prema Roche lepezi, koja je bila i cilj ove doktorske disertacije, ostvarena u tri tretmana i to u tretmanima T6, T8 i T10. Ove vrednosti boje žumanaca su u saglasnosti sa preferencijama potrošača u većini zemalja Evrope i Azije (Hernandez, 2005; Kralik i sar., 2006; Bovšková i sar., 2014).

U tretmanima u kojima je ostvarena željena boja žumanaca dodato je 1% nevena i 0,5% paprike (T6), 1% šargarepe i 0,5% paprike (T10), kao i

0,5% od sve tri komponente (T8). Kao što je prikazano u tabeli 5.1.6. u tretmanima T6, T8 i T10 dodatkom 0,5% paprike na 1% nevena ili šargarepe statistički značajno ($p < 0,05$) je povećana vrednost boje žumanaca u odnosu na tretmane T3, T4, T5 i T9 gde su kokoši hranjene samo sa šargarepom i nevenom bez dodatka paprike. Prikazani rezultati u okviru ove doktorske disertacije su u skladu sa dostupnim literaturnim podacima koji pokazuju da dodatak paprike značajno poboljšava boju žumanca (Gurbuz i sar., 2003; Santos-Bocanegra i sar., 2004; Niu i sar., 2008; Lokaewmanee i sar., 2010; Abiodun i sar., 2014).

Međutim, dodatak prevelike količine paprike doprinosi boji žumanca preko 14 prema Roche lepezi, što je ostvareno u tretmanima T7, T11 i T12 u koje je dodato 1% i 1,5% paprike. Takva boja žumanca nije prihvatljiva od strane potrošača, ali je poželjna u industriji pekarskih proizvoda (Gurbuz i sar., 2003; Shahsavari, 2014).

Rezultati ispitivanja boje žumanaca primenom spektrofotometrijske metode, koja podrazumeva svođenje pigmenata u žumancu na β -karoten, prikazani su u tabeli 5.1.7. Većina karotenoida ima glavni pik apsorpcije spektra na λ_{max} 450 nm kao β -karoten. Crveni karotenoidi koji su prvenstveno odgovorni za tamno narandžastu boju žumanca imaju glavni pik apsorpcionih spektara na višim talasnim dužinama. S obzirom na to da je sadržaj karotenoida, izmeren metodom AOAC, određen samo pri λ_{max} 450 nm koji odgovara β -karotenu, crveni karotenoidi na višim talasnim dužinama nisu u potpunosti uključeni u ove rezultate. U poređenju sa vizuelnom procenom, sadržaj karotenoida u nekim slučajevima nije u skladu sa većim intenzitetom nijanse boje (Bovšková i sar., 2014).

Iako sadržaj karotenoida izražen kao β -karoten, izmeren AOAC metodom, nije uvek direktno proporcionalan vizuelnoj nijansi boje, u eksperimentalnim rezultatima dobijenim u okviru ove doktorske disertaciji, sadržaj β -karotena se slaže sa rezultatima boje žumanaca koji su dobijeni primenom metode prema Roche lepezi. Najveće prosečne srednje vrednosti β -karotena 30. dana ishrane kokoši nosilja izmerene su u tretmanima T2, T11 i T12 (od 42,24 do 47,97 $\mu\text{g/g}$) koji su imali i

najveće vrednosti boje žumanaca, preko 14 prema Roche lepezi. Tretman T8 imao je statistički značajno veći ($p < 0,05$) sadržaj β - karotena (42,97 $\mu\text{g/g}$) nego tretman T7 (39,59 $\mu\text{g/g}$), iako se očekivalo obrnuto, pošto je vrednost boje žumanaca prema Roche lepezi u tretmanu T7 (14,57) bila veća nego u tretmanu T8 (13,38). Ovo je verovatno posledica očitavanja sadržaja β - karotena na talasnoj dužini od 450 nm gde nemaju svi crveni pigmenti sposobnost apsorpcije i nisu uključeni u rezultat. U tretmanima T6 i T10 koji su prema Roche lepezi imali vrednosti 12,56 i 12,57, sadržaj β - karotena je iznosio 31,93 $\mu\text{g/g}$ za T6 grupu i 30,77 $\mu\text{g/g}$ za T10 grupu i nisu se statistički značajno razlikovali ($p < 0,05$). Najmanje vrednosti sadržaja β - karotena su izmerene u tretmanima T1, T4, T5 i T9 (od 23,17 do 28,10 $\mu\text{g/g}$) koji su i prema Roche lepezi imali najmanje vrednosti od 7,67 do 8,67. Ovi rezultati su u skladu sa dostupnom literaturom (González i sar., 1999; Kljak i sar., 2012; Bovšková i sar., 2014).

Iznenadujuće visoka vrednost sadržaja β - karotena od 31,67 $\mu\text{g/g}$ izmerena je u žumancima iz tretmana T3 u koji je dodato 1,5% nevena. Ova vrednost se ne razlikuje statistički značajno ($p > 0,05$) od sadržaja β - karotena dobijenog u tretmanima T6 i T10 iako je vrednost boje žumanaca prema Roche lepezi u tretmanu T3 mnogo niža (8,60) nego u tretmanima T6 i T10 (12,57). Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima do kojih su u svojim istraživanjima došli Karadas i sar. (2006), koji su dodatkom ekstrakta nevena ostvarili sadržaj ukupnih karotenoida 39,01 $\mu\text{g/g}$ od čega je sadržaj luteina iznosio 31,14 $\mu\text{g/g}$, a vrednost boje žumanca 8,8 prema Roche lepezi.

Lutein je najzastupljeniji ksantofil u žumancu (Surai i sar., 2001; Karadas i sar., 2006). Kako je tamnija boja žumanca posledica deponovanja većeg sadržaja karotenoida (Cucco i sar., 2007; Laudadio i sar., 2014), ovo dovodi do zaključka da kokoške hranjene nevenom sporije apsorbuju i skladište β - karoten i druge ksantofile jer je njihova apsorbcija i skladištenje u žumancu slabija nego skladištenje ksantofila zeaksantina i luteina (Na i sar., 2004) i da je potreban duži vremenski period ishrane kokoši nosilja sa dodatkom nevena da bi se dostigla željena

boja žumanca (Chowdhury i sar., 2008). Polarnost karotenoida, takođe, utiče na njihovu apsorpciju i skladištenje, i što je veća polarnost to je veća i njihova koncentracija u krvi kokošaka i žumancu (Na i sar., 2004). Dobijeni rezultati sadržaja β -karotena u žumancima su u skladu sa dostupnim literaturnim podacima (Karadas i sar., 2006; Kljak i sar., 2012; Bovšková i sar., 2014).

Treća metoda za određivanje boje žumanaca je instrumentalna metoda koja karakteristike boje iskazuje u CIE $L^*a^*b^*$ sistemu preko tri koordinate: L^* (svetloća boje), a^* (udeo crvene boje ($+a^*$) ili zelene boje ($-a^*$)) i b^* (udeo žute boje ($+b^*$) ili plave boje ($-b^*$)).

Za vrednosti koordinata L_1^* , a_1^* i b_1^* za boju žumanaca u celom jajetu (belance i žumance zajedno), L_2^* , a_2^* i b_2^* za boju žumanaca sa opnom (samo žumance bez belanca) i L_3^* , a_3^* i b_3^* za boju žumanaca bez opne, utvrđen je isti trend tokom vremena. Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih na graficima od 1. do 3. kod sve tri kolorne koordinate tretmani se grupišu u tri skupine. Prvoj skupini pripadaju tretmani T1, T3, T4, T5 i T9, drugoj T6, T7, T8 i T10 a trećoj T2, T11 i T12. Po vrednostima za koordinate L^* i b^* tretmani iz druge skupine (T6, T7, T8 i T10) se statistički značajno ne razlikuju od tretmana prve i treće skupine. Vrednosti za koordinatu a^* značajno razdvajaju tretmane u ove tri skupine, stim što tretman T7 po vrednostima za a^* pripada trećoj skupini. Ovakvo grupisanje na osnovu dobijenih rezultata za koordinate L^* , a^* i b^* je potpuno u korelaciji sa rezultatima boje žumanaca prema Roche lepezi i sadržaju β -karotena.

U okviru svoje studije González i sar. (1999) su dokazali pozitivnu korelaciju između vrednosti a^* i vrednosti prema Roche lepezi, što ukazuje da crveni karotenoidi imaju glavnu ulogu u intenzivnom bojenju žumanaca. Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji. Kao što je prikazano u tabeli 5.1.15. pozitivna korelacija između koordinate a^* (a_1^* , a_2^* i a_3^*) i RYCF sa vrednošću bliskom 1 ukazuje da je ta korelacija veoma pouzdana sa nivoom značajnosti od $p < 0,01$. Vrednosti za korelaciju između RYCF i a^* rastu od a_1^* do a_3^* , što ukazuje da je za merenje boje najpouzdanije kada se boja

meri u unutrašnjosti žumanca, odnosno kada se žumancu otkloni belance i vitelinska membrana. Ovo potvrđuje i pozitivna korelacija između vrednosti koordinate a^* sa sadržajem β - karotena, sa vrednošću bliskom 1 i pouzdanošću na nivou značajnosti od $p < 0,01$.

Baiao i sar. (1999) su ispitivali uticaj odnosa crvenih i žutih pigmenata na udeo crvene boje (a^*) u žumancima i utvrdili su da je, pri dodatku nevena i paprike u odnosu 2:1, udeo crvene boje (a^*) 7,2, a vrednost boje žumanca 12,7 prema Roche lepezi. Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji jer je u tretmanu T6 u koji je dodato 1% nevena i 0,5% paprike (2:1) u hranu za kokoši nosilje ostvarena vrednost boje žumanaca 12,56 prema Roche lepezi a vrednost udela crvene boje: 10,16 (10. dana), 8,67 (15. dana), 7,94 (20. dana), 9,62 (25. dana) i 6,21 (30. dana).

Daljim povećanjem udela paprike u smeši za ishranu kokoši nosilja sa 1% na 1,5% povećavala se i vrednost udela crvene boje (a^*) u žumancima sa 12,57 (T7) i 12,82 (T11) na 17,66 (T12). Lai i sar. (1996) su dodatkom 16 mg/kg saponifikovane i oleoresin paprike dobili vrednosti udela crvene boje (a^*) 11,2 i 12,3, dok su Vicente i sar. (2007) dodatkom 18 i 36 ppm ekstrakta paprike dobili vrednosti za a^* 14,11 i 17,44, a Niu i sar. (2008) su dodatkom 0,8% ekstrakta paprike dobili vrednost udela crvene boje 15,02.

Dodatkom paprike vrednosti za koordinatu a^* imaju tendenciju povećanja, a vrednosti za koordinate L^* i b^* tendenciju smanjenja u poređenju sa kontrolnim tretmanom (González i sar., 1999; Niu i sar., 2008; Lokaewmanee i sar., 2010). Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji. Kao što je prikazano u tabeli 5.1.15. negativna korelacija između koordinate a^* i koordinata L^* i b^* ukazuje da se sa povećanjem vrednosti koordinate a^* smanjuju vrednosti koordinata L^* i b^* . Vrednosti preko 0,9 za korelacije između a^* i L^* , kao i vrednosti preko 0,8 za korelacije između a^* i b^* ukazuju da su te korelacije veoma pouzdane sa nivoom značajnosti od $p < 0,01$.

Vrednosti za koordinatu b^* su najniže u tretmanima gde je dodato 1% i 1,5% paprike. Ovo se dešava zbog toga što kapsantin kao

dominantan crveni pigment u paprici ne utiče na povećanje žute koordinate b^* , već samo poboljšava crvenu boju žumanca što pozitivno utiče na crvenu koordinatu a^* (Lai i sar., 1996).

Na osnovu rezultata prikazanih na grafiku 1. i 3. kao i u tabelama od P1-1 do P1-3 kao i od P1-7 do P1-9 vidi se da dodatak nevena i šargarepe (pojedinačno ili u kombinaciji) ne utiče na vrednosti svetloće boje (L^*) i na vrednosti udela žute boje (b^*) u žumancima. Hammershøj i sar. (2010) su u svojoj studiji sa ishranom kokoši nosilja žutom, narandžastom i ljubičastom šargarepom, ustanovili da dodatak žute i narandžaste šargarepe nije uticao na vrednosti svetloće boje žumanaca, ali ishrana sa ljubičastom šargarepom je statistički značajno smanjila vrednost svetloće boje žumanaca. Takođe, ista grupa autora je ustanovila da dodatak sve tri vrste šargarepe statistički značajno povećava udeo žute boje (b^*) u žumancima. Povećanje vrednosti udela žute boje (b^*) u žumancima dodatkom šargarepe su u suprotnosti sa rezultatima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji. Razlog ovome je što su Hammershøj i sar. (2010) u svom ogledu dodavali šargarepu u količini od 70 g dnevno po kokoši što je mnogo veća količina šargarepe od one koja je korišćena u ovim istraživanjima (max 1,5% u smeši).

Fletcher i Halloran (1983) su ustanovili da dodatak različitih koncentracija ekstrakta nevena u ishranu kokoši nosilja ne utiče na vrednost koordinate b^* što je u saglasnosti sa rezultatima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji.

Kao što je prethodno navedeno u Pregledu literature, boja je jedan subjektivni osjećaj koji čovek prima putem čula vida, što znači da dva posmatrača jedan isti uzorak mogu videti sasvim drugačije, a rezultati dobijeni senzorskom analizom mogu da se razlikuju od rezultata dobijenih instrumentalnim merenjem.

Na osnovu rezultata senzorske analize prihvatljivosti i boje (nijanse) boje žumanaca, kao i instrumentalnih pokazatelja preko koordinate a^* i Roche lepeze (tabele 5.1.6., 5.1.11., 5.1.13. i grafik 2.) utvrđena je pozitivna zavisnost između ovih parametara.

Žumanca iz tretmana T6, T8 i T10 koja su se prema vrednostima za koordinatu a^* (grafik 2.) i prema vrednostima prema Roche lepezi (tabela 5.1.6.) izdvajala u posebnu grupu imala su vrednosti od 12,22 do 13,38 dobijala su najviše senzorske ocene za prihvatljivost i nijansu (boju) tokom celog perioda ishrane od 10. do 30. dana. Ova žumanca nisu odstupala od optimalne boje koja je zadata kao standard i senzorno su bila najprihvatljivija za panel ocenjivača.

Jedino su žumanca iz tretmana T7 30. dana imala suprotnu zavisnost. Prema vrednostima za koordinatu a^* (grafik 2.) i po vrednostima prema Roche lepezi od 14,57 (tabela 5.1.6.) pripadala su grupi žumanaca iz tretmana T2, T11 i T12 koja su imala intenzivno obojena žumanca ali prema senzorskoj oceni od 4,80 za prihvatljivost (tabela 5.1.11.) i 4,83 za boju (tabela 5.1.13) pripadala su žumancima sa optimalnom bojom koja se smatraju veoma poželjnim. Međutim, ako se pogledaju senzorske ocene od 10. do 25. dana uočavaju se vrednosti od 2,43 do 3,86 tako da su vrednosti dobijene 30. dana izuzetak. Ovo je verovatno zbog toga što su žumanca iz tretmana T7 odabrana za senzorsku ocenu 30. dana imala niže vrednosti od 14 prema Roche lepezi i iz tog razloga su dobila više ocene od strane panela ocenjivača.

Ako se izuzmu vrednosti 10. dana koje su bile više zbog toga što su kokoši nosilje pre početka eksperimenta bile hranjene sintetičkim pigmentima, žumanca iz tretmana T1, T3, T4, T5 i T9 (sa vrednosti prema Roche lepezi ispod 9) imala su senzorske ocene za prihvatljivost boje od 2,00 do 3,71 (tabela 5.1.11.), a vrednosti za nijansu od 1,70 do 3,25 (tabela 5.1.13.) dok su žumanca sa vrednostima preko 14 prema Roche lepezi takođe imala vrednosti od 1,83 do 3,71 za prihvatljivost boje i nešto veće vrednosti za nijansu od 2,13 do 4,83 (T7) što ukazuje na činjenicu da su potrošačima podjednako nepoželjna jaja koja imaju svetlu boju žumanca kao i jaja sa intenzivno obojenim žumancima (Sandeski i sar., 2014).

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5.1.12. vidi se da su dobijene maksimalne senzorske ocene za ujednačenost boje i da između kontrolnih i eksperimentalnih tretmana nema statistički značajne razlike

što ukazuje da se prirodni izvori pigmenata mogu sasvim pouzdano koristiti u ishrani kokoši nosilja bez bojazni za pojavu neujednačenosti boje žumanaca.

Preko PCA analize koja se sastoji od PC1 koordinate, koja opisuje razlike između uzoraka na osnovu tretmana i PC2 koordinate, koja objašnjava razlike u svetloći uzoraka, sumarno su prikazani rezultati koji objedinjuju instrumentalne i senzorske pokazatelji kvaliteta svežih žumanaca. Na osnovu rezultata prikazanih preko PCA mape na grafiku br 4. jasno se vide podele između tretmana na osnovu ovih parametara, kao i to da vreme nije mnogo uticalo na ovu podelu. Na desnoj strani nalaze se tretmani T1, T3, T4, T5 i T9, na levoj strani tretmani T2, T7, T11 i T12, dok su se na dnu PCA grafika izdvojili tretmani T6, T8 i T10. Žumanca iz tretmana sa desne strane PCA grafika su bila najsvetlija i najviše žuta, sa najvećim vrednostima za L^* i b^* koordinate, tretmani sa leve strane su bila najtamnija, narandžasto-crvena, sa najvećim vrednostima za β - karoten, RYCF vrednosti i a^* koordinatu, dok su vrednosti na dnu PCA grafika imala optimalnu narandžastu boju žumanaca sa najvišim senzorskim ocenama za prihvatljivost i nijansu boje.

Kao što je prethodno rečeno, nakon prvog biološkog oglada dobijene su tri optimalne kombinacije prirodnih pigmenata koje daju željenu boju žumanca od 12 do 14 prema Roche lepezi i koje mogu u potpunosti da zamene sintetičke pigmente, a da pritom ne utiču negativno na tehnološke karakteristike jaja. To su kombinacije T6, T8 i T10 koje su sadržale 1% nevena i 0,5% paprike (T6), 1% šargarepe i 0,5% paprike (T10), i po 0,5% od sve tri komponente (T8). Kako je šargarepa jeftinija i ekonomski isplativija sirovina od nevena, za drugi biološki ogled, kao optimalna, odabrana je kombinacija T10 sa 1% šargarepe i 0,5% paprike.

Drugi zadatak rada u ovoj doktorskoj disertaciji imao je za cilj, pored optimizacije boje žumanaca prirodnim izvorima pigmenata, povećanje sadržaja omega-3 masnih kiselina u jajima. Osnovna hipoteza od koje se pošlo u ovim istraživanjima, na osnovu literaturnih navoda, jeste da dodatak masnih komponenti bogatih polinezasićenim masnim

kiselinama, naročito sa omega-3 u ishranu kokoši nosilja, dovodi do povećanja sadržaja tih masnih kiselina u jajima (Corino i sar., 2002).

Izabrane su tri sirovine kao veoma bogati izvori masti, a to su seme lana, lanika i konoplje. Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5.2.1. utvrđeno je da seme lana sadrži 40,08%, lanika 32,14%, a konoplje 31,99% masti pri čemu polinezasićene masne kiseline čine više od polovine ukupnih masnih kiselina (tabela 5.2.2.), što je u skladu sa dostupnom literaturom (Callaway, 2004; Klein i sar., 2017; Mladenov i sar., 2017).

Međutim, ove uljarice sadrže antinutritivne faktore koji ograničavaju njihovu upotrebu u ishrani kokoši nosilja (Newkirk, 2015), zbog čega je neophodna primena nekog termičkog tretmana kako bi se oni uklonili (Jensen i sar., 1995; Tyagi, 2002). Proces ekstrudiranja je najefikasniji za smanjenje sadržaja cijanogenih glikozida i glukozinolata u semenima uljarica (Tripathi i Mishra, 2007; Čolović i sar., 2015b). Međutim prilikom ekstrudiranja uljarica, koje sadrže velike količine masti, javljaju se problemi kao što su lubrikacije i ograničena ekspanzija proizvoda, kao i ceđenje ulja što menja kvalitet gotovog proizvoda. Zbog toga je neophodno uljarice ekstrudirati sa nekom drugom sirovinom koja pokazuje dobru sposobnost adsorpcije ulja (Čolović, 2014). U našim istraživanjima korišćena je kukuruzna krupica iz dva razloga. Prvi razlog je što se kukuruz inače dodaje u hranu za kokoši nosilje u količini od preko 50%, a drugi razlog je što je krupica odklicana, odnosno uklonjena joj je klica, tako da sadrži manje od 1% ulja. Ekstrudiranjem smeše kukuruzne krupice sa semenom uljarica u odnosu 50:50 dobijeni su funkcionalni ko-ekstrudati u kojima skoro cela količina ulja potiče od semena uljarica što se može videti ukoliko se upoređi masnokiselinski sastav semena prikazan u tabeli 5.2.2. sa masnokiselinskim sastavom ko-ekstrudata prikazanim u tabeli 5.2.4. Sadržaj omega – 3 masnih kiselina u semenu lana, lanika i konoplje iznosi 54,28; 34,62 i 19,52, a u njihovim ko-ekstrudatima 56,33; 34,85 i 19,44 respektivno, dok sadržaj omega-6 masnih kiselina u semenu lana, lanika i konoplje iznosi 14,06; 19,71 i 59,95, a u njihovim ko-ekstrudatima 14,23; 21,66 i 57,60 respektivno.

Dobijene vrednosti sadržaja masnih kiselina u semenima su u skladu sa dostupnom literaturom, za seme lana (Oliveira i sar., 2010; Kirubakaran i sar., 2011; Quezada i Cherian, 2012); lanika (Budin i sar., 1995; Aziza i sar., 2013; Cherian i Quezada, 2016) i konoplje (Oomah i sar., 2002; Callaway, 2004).

Kao što je prethodno navedeno, cilj procesa ekstrudiranja u ovim istraživanjima je bio smanjenje sadržaja antinutritivnih faktora. Poređenjem sadržaja glukozinolata i HCN u semenima, prikazanim u tabeli 5.2.1, sa sadržajem istih u ko-ekstrudatima, prikazanim u tabeli 5.2.3, uočava se da je procesom ekstrudiranja smanjen sadržaj antinutritivnih materija na nivo ispod toksičnih granica. Najveći sadržaj glukozinolata imalo je seme lanika 28,09 $\mu\text{mol/g}$, dok je seme lana imalo 5,72 $\mu\text{mol/g}$, a seme konoplje 5,45 $\mu\text{mol/g}$ (tabela 5.2.1.). Dobijena vrednost sadržaja glukozinolata u semenu lanika je u skladu sa dostupnom literaturom (Korsrud i sar., 1978; Lange i sar., 1995; Schuster i Friedt, 1998), dok vrednost 4,19 $\mu\text{mol/g}$ dobijena u ko-ekstrudatu lanika nije mogla da se uporedi sa literaturnim navodima jer pregledom dostupne literature nije pronađena nijedana studija u kojoj je ispitivan uticaj procesa ekstrudiranja na smanjenje sadržaja glukozinolata u semenu lanika. Takođe, u dostupnoj literaturi nisu pronađene vrednosti za sadržaj glukozinolata u semenu lana i semenu konoplje kao i u njihovim ko-ekstrudatima sa kojima bi se uporedile dobijene vrednosti u ovoj doktorskoj disertaciji.

Najveći sadržaj HCN-a, koja nastaje dejstvom β -glukozidaze na cijanogene glikozide nakon narušavanja stukture semena, imalo je seme lana 177,28 mg/kg, što je u skladu sa Pravilnikom o kvalitetu hrane za životinje (2010) gde se zahteva da sadržaj HCN-a u semenu lana mora biti ispod 250 mg/kg, dok je seme konoplje imalo 55,76 mg/kg, a seme lanika 28,51 mg/kg (tabela 5.2.1.). Dobijena vrednost HCN-a u semenu lana u ovoj doktorskoj disertaciji je niža od vrednosti koju su dobili Wu i sar. (2008) u svojim istraživanjima, a u skladu je sa vrednostima dobijenim u istraživanjima Pandey i sar. (1981). U dostupnoj literaturi nisu pronađene vrednosti za sadržaj HCN-a u semenima lanika i konoplje kao i u njihovim

ko-ekstrudatima sa kojima bi se uporedile dobijene vrednosti u ovoj doktorskoj disertaciji.

Procesom ekstrudiranja može da se postigne stepen uklanjanja cijanovodonične kiseline do 93,23% (Anjum i sar., 2013), što je u skladu sa rezultatima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji jer je sadržaj HCN u ko-ekstrudatima lanika i konoplje smanjen ispod nivoa detekcije (tabela 5.2.3.) što je i očekivano s obzirom na niske početne vrednosti ove kiseline u semenima. Čolović i sar. (2015b) su u svojoj studiji utvrdili da na stepen uklanjanja HCN-a iz uzorka najviše utiče temperatura ekstrudera i sadržaj vlage materijala. Čolović (2014) je prilikom optimizovanja procesa ekstrudiranja semena lana sa suncokretovom sačmom u odnosu 50:50, postigao stepen uklanjanja sadržaja HCN-a od 86,56%, odnosno smanjenje od 189,12 mg/kg koliko je bilo u ne tretiranom uzorku do 25,42 mg/kg nakon procesa ekstrudiranja, što je u skladu sa vrednostima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji gde je u ko-ekstrudatu lana postignuto smanjenje HCN-a od 177,28 mg/kg do 23,87 mg/kg.

Procesom ekstrudiranja su dobijeni funkcionalni ko-ekstrudati sa smanjenim sadržajem antinutritivnih materija, a povećanim sadržajem poželjnih polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) i kao takvi, ovi proizvodi su mogli potpuno bezbedno da se upotrebljavaju u ishrani životinja. Međutim, ishranom životinja hranom bogatom polinezasićenim masnim kiselinama, radi poboljšanja nutritivne vrednosti životinjskih proizvoda, dolazi do lipoperoksidacije jer su nezasićene masne kiseline nestabilne i podložne uticajima procesa oksidacije što se može sprečiti dodatkom antioksidanasa u hranu (Gladine i sar., 2007). U tu svrhu je u ovoj doktorskoj disertaciji nakon proizvodnje ko-ekstrudata, kao antioksidans dodavan vitamin E u količini od 1,35 g/kg ko-ekstrudata, u cilju očuvanja visokog sadržaja polinezasićenih masnih kiselina.

Prema eksperimentalnom dizajnu koji je prikazan u tabeli 4.5. napravljeno je 8 različitih smeša sa ciljem da se ispita njihov uticaj na tehnološke parametre kvaliteta jaja, na boju žumanaca, na masnokiselinski sastav jaja, na sadržaj tokoferola i na senzorski kvalitet jaja.

Modifikovanjem ishrane kokoši nosilja, kao i raznim načinima stimulisanja unosa hrane može se u određenoj meri uticati na masu jaja. Kako se navodi u literaturi, ishranom kokoši nosilja Lohmann Brown rase sa standardnim smešama dobijaju se jaja mase oko 65 g (Pérez-Bonilla i sar., 2011; Vasilachi i sar., 2012). Međutim, masa jaja generalno zavisi od rase i od starosti kokoši nosilja (Rizzi i Chiericato, 2005). Od mase jaja zavisi i masa žumanca i belanca. Starost kokoši nosilja, takođe utiče na udeo žumanaca i belanaca u jajima. Rizzi i Chiericato (2005) su u svom eksperimentu utvrdili da se od 30. do 42. nedelje značajno povećava udeo žumanaca a smanjuje udeo belanca. Međutim, masa jaja i kvalitet ljuske su negativno korelisani sa starošću kokoši nosilja.

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5.2.5. može se videti da su se prosečne vrednosti mase celih jaja od 10. do 30. dana kretale u intervalu od 62,71 - 72,65 g. Iako su tokom ovog perioda ishrane uočene neke promene u njihovim masama, nakon 30. dana ishrane kokoši nosilja sa ko-ekstrudatima lana, lanika i konoplje nije bilo statistički značajnih razlika između ispitivanih tretmana.

Rezultati dobijeni u ovoj doktorskoj disertaciji su u skladu sa Cherian i sar. (2009); Vasilachi i sar. (2012) i Kakani i sar. (2012) koji su utvrdili da dodatak sačme od lanika ne utiče na masu jaja. Suprotno od njih, Cherian i Quezada (2016) su utvrdili da se sa dodatkom 10% semena lanika masa jaja smanjila na 60,43 g u odnosu na kontrolnu grupu gde je bila 63,43 g i eksperimentalnu grupu sa 10% lana gde je bila 63,65 g. Aziza i sar. (2013) su takođe utvrdili da se dodatkom 10% sačme od lanika smanjuje masa jaja.

Nadalje, dobijeni rezultati su takođe u skladu i sa literaturom u kojoj se navodi da dodatak semena lana u hranu za kokoši nosilje ne utiče na masu jaja (Jiang i sar., 1991; Caston i sar., 1994; Aymond i Van Elswyk, 1995; Bean i Leeson, 2003; Cherian i Quezada, 2016). Suprotno tome, Rizzi i sar. (2009) navode da dodatak 1% lanenog ulja povećava masu jaja, a Aziza i sar. (2013) navode da dodatak sačme od lana ne utiče na masu jaja.

Gakhar i sar. (2012) u svojoj studiji navode da dodatak 10% semena konoplje ne utiče statistički značajno na masu jaja ali da dodatak 20% semena konoplje statistički značajno povećava masu jaja od 57,7 g (kontrola) do 62,6 g (eksperimentalni tretman). Međutim, Neijat i sar. (2014) navode da dodatak 10%, 20% i 30% semena konoplje kao i dodatak 4,5% i 9% ulja ne utiče na masu jaja, što su potvrdili i Silversides i Lefrançois (2005) u svojoj studiji dodakom sačme od konoplje u ishranu kokoši nosilja, što je u skladu sa rezultatima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji.

Nadalje u tabelama od 5.2.6. do 5.2.8. može se videti da su se prosečne vrednosti mase žumanaca, belanaca i ljuske od 10. do 30. dana kretale u intervalu od 15,40 g do 18,85 g; od 39,21 g do 49,10 g i od 6,42 g do 7,93 g, respektivno. Nakon 30. dana ishrane kokoši nosilja sa ko-ekstrudatima lana, lanika i konoplje nije bilo statistički značajnih razlika između ispitivanih tretmana za navedene parametre kvaliteta jaja. Rezultati dobijeni u ovoj doktorskoj disertaciji su u skladu sa Cherian i Quezada (2016) koji navode vrednosti mase žumanaca od 15,32 g do 15,99 g, mase belanaca od 38,35 g do 41,40 g i masu ljuske od 6,64 g do 6,95 g. Oni navode u svojoj studiji da dodatak 10% semena lana ne utiče na masu žumanaca, masu belanaca i masu ljuske, dok 10% semena lanika značajno smanjuje masu belanaca, a ne utiče na masu žumanaca i masu ljuske. Suprotno od njih Aziza i sar. (2013) u svojoj studiji navode da dodatak sačme od lana značajno povećava masu belanaca a ne utiče na masu žumanaca i masu ljuske, dok dodatak sačme od lanika značajno smanjuje masu žumanaca, a na masu belanaca i masu ljuske ne utiče. Takođe, Bean i Leeson (2003) i Scheideler i Froning (1996) navode da dodatak semena lana značajno smanjuje masu žumanaca, a na masu belanaca i masu ljuske ne utiče. S druge strane Rizzi i sar. (2009) navode da dodatak 1% lanenog ulja povećava masu belanaca, smanjuje masu ljuske a na masu žumanaca ne utiče. Kako navode Silversides i Lefrançois (2005) ishranom kokoši nosilja sa 50, 100 i 200 g/kg sačme od konoplje nisu utvrđene promene u masi žumanaca, belanaca i ljuske što je u skladu sa rezultatima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji.

Nadalje, u tabelama od 5.2.9. do 5.2.13. prikazane su vrednosti debljine ljuske, Index-a žumanaca, Hogovih jedinica, kao i pH žumanaca i belanaca čije su se vrednosti kretale u intervalu od 0,33 do 0,40; od 40,74 do 47,54; od 78,46 do 83,39; od 5,93 do 6,08 i od 8,69 do 8,86, respektivno. Tokom 30 dana ishrane kokoši nosilja sa ko-ekstrudatima lana, lanika i konoplje nije bilo statistički značajnih razlika između ispitivanih tretmana za navedene parametre kvaliteta jaja. Rezultati dobijeni u ovoj doktorskoj disertaciji su u skladu sa dostupnom literaturom za lan (Bean i Leeson, 2003; Hayat i sar., 2009; Ahmad i sar., 2013; Dalle Zotte i sar., 2015), lanik (Cherian i sar., 2009; Aziza i sar., 2013; Cherian i Quezada, 2016) i konoplju (Silversides i Lefrançois, 2005; Gakhar i sar., 2012). Rezultati dobijeni u ovoj doktorskoj disertaciji su u suprotnosti sa Aziza i sar. (2013) i Cherian i Quezada (2016) koji navode u svojim studijama da dodatak 10% sačme, odnosno 10% semena lana smanjuje debljinu ljuske a povećava Hogove jedinice.

U prethodnom poglavlju Rezultati, u tabelama od 5.2.14 do 5.2.18 su prikazane promene pokazatelja boje žumanca u celom jajetu, žumancu sa opnom i žumancu bez opne tokom 30 dana ishrane kokoši nosilja sa 1% šargarepe i 0,5% paprike, kao i različitim udelima lana (L1 i L2), lanika (C1 i C2) i konoplje (H1 i H2). Na osnovu prikazanih rezultata u ovim tabelama uočava se da utvrđena boja žumanaca nije odstupala od optimalne boje koja je zadata kao standard u prvom delu doktorske disertacije, čime je potvrđeno da kombinacija 1% šargarepe i 0,5% paprike daje OPTIMALNU boju žumanaca koja ne zavisi od udela ko-ekstrudata u smešama jer između eksperimentalnih tretmana nije bilo statistički značajnih razlika.

U svim eksperimentalnim tretmanima, nakon 30 dana ishrane kokoši nosilja, dobijene vrednosti (L^*) bile su statistički značajno niže ($p < 0,05$), a vrednosti prema Roche lepezi, sadržaju β - karotena i udelu crvene boje (a^*) statistički značajno više ($p < 0,05$) u odnosu na kontrolni tretman K1, dok promene u vrednostima udela žute boje (b_1^*) između njih nisu uočene.

Nasuprot tome, nakon 30 dana ishrane kokoši nosilja, vrednosti prema Roche lepezi i udelu crvene boje (a^*) bile su statistički značajno niže ($p < 0,05$) u eksperimentalnim tretmanima u odnosu na kontrolni tretman K2, dok se vrednosti (L^*), (b^*) i sadržaj β -karotena između njih nisu statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$).

Dobijene vrednosti boje žumanaca prema Roche lepezi od 12,50 (L1) do 13,39 (H2) ne odstupaju od vrednosti dobijenih u prvom biološkom ogledu gde je utvrđena vrednost bila 12,57 (T10), što ukazuje da dodatak ko-ekstrudata lana, lanika i konoplje nije uticao na boju žumanaca. Dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji su u saglasnosti sa Cherian i Quezada (2016) i Vasilachi i sar. (2012) koji navode da dodatak 10% semena lanika kao i 3% i 6% sačme od lanika u hranu za kokoši nosilje ne utiče značajno na boju žumanaca, takođe i sa Rizzi i sar. (2009) koji navode da dodatak 1% lanenog ulja ne utiče na boju žumanaca. Suprotno njima, Cherian i sar. (2009) i Aziza i sar. (2013) navode da dodatak sačme od lanika, kao i sačme od lana značajno smanjuje boju žumanaca u odnosu na kontrolu. Dok, Goldberg i sar. (2012) u svojoj studiji navode da dodatak 4%, 8% i 12% ulja konoplje, kao i 10% i 20% semena konoplje značajno povećavaju vrednosti (a^*) i (b^*) u odnosu na kontrolu, a smanjuju vrednosti (L^*). Rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji takođe ukazuju da je dodatak ko-ekstrudata konoplje najviše uticao na sadržaj β -karotena u žumancima, ali to povećanje nije bilo statistički značajno veće ($p > 0,05$) u odnosu na ostale eksperimentalne tretmane.

Masnokiselinski profil jaja dobijenih ishranom kokoši nosilja sa ko-ekstrudatom lana prikazan je u tabeli 5.2.19. Na osnovu prikazanih rezultata vidi se da je dodatak ko-ekstrudata lana u hranu statistički značajno ($p < 0,001$) uticao na smanjenje miristinske (C14:0), palmitinske (C16:0) i behenske (C22:0) kiseline u žumancima, dok na sadržaj stearinske (C18:0) kiseline nije uticao statistički značajno ($p > 0,05$). Smanjenje sadržaja ovih masnih kiselina imalo je za posledicu smanjenje ($p < 0,001$) sadržaja ukupnih zasićenih masnih kiselina (SFA) u žumancima, što je veoma poželjno sa stanovišta njihovog štetnog delovanja na zdravlje ljudi. Rezultati dobijeni u ovoj doktorskoj disertaciji

su u skladu sa prethodnim literaturnim navodima (Baucells i sar., 2000; Kralik i sar., 2008; Oliveira i sar., 2010; Mattioli i sar., 2017).

Nasuprot tome, dodatak ko-ekstrudata lana u hranu za kokoši nosilje doveo je do statistički značajnog povećanja sadržaja ($p < 0,001$) ukupnih mononezasićenih masnih kiselina, MUFA (C16:1 i C18:1 ω -9) i polinezasićenih masnih kiselina, PUFA (C18:2 ω -6, C18:3 ω -3, C20:5 ω -3 i C22:6 ω -3) u žumancima.

Povećanje sadržaja ukupnih mononezasićenih masnih kiselina je posledica povećanja sadržaja oleinske kiseline (najzastupljenije MUFA u žumancima), kao i palmitoleinske kiseline u tretmanu L1 u odnosu na kontrolni tretman K2. Dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji su u suprotnosti sa istraživanjima u kojima se se navodi da dodatkom semena lana (Caston i sar., 1994; Nain i sar., 2012; Cherian i Quezada, 2016) ili lanenog ulja (Oliveira i sar., 2010) dolazi do smanjenja sadržaja oleinske kiseline u žumancima, a u saglasnosti su sa istraživanjima Mattioli i sar. (2017) koji navode da dodatkom semena lana dolazi do povećanja sadržaja oleinske kiseline u žumancima. Spasevski i sar. (2016) takođe, u svojoj studiji navode da dodatkom ko-ekstrudata lana dolazi do povećanje sadržaja oleinske kiseline u žumancima, ali da to povećanje nije statistički značajno ($p > 0,05$).

Ove razlike se mogu objasniti specijalno dizajniranim eksperimentalnim smešama u ovoj doktorskoj disertaciji u kojima je cela količina ulja poticala od ko-ekstrudata lana kojima je, kao što je prethodno navedeno, dodat vitamin E u količini od 1,35 g/kg, što je imalo značajnu ulogu u zaštiti masnih kiselina od oksidacije. Kako navodi Hayat i sar. (2009) dodatkom tokoferola u količini od 50 mg/kg značajno se povećava sadržaj oleinske kiseline kao i ukupnih mononezasićenih masnih kiselina u jajima. Dodatkom veće količine tokoferola od 100 i 150 mg/kg takođe se povećava sadržaj ovih masnih kiselina u jajima, ali ne statistički značajno ($p > 0,05$).

Kao što je prikazano u tabeli 5.2.19. dodatkom ko-ekstrudata lana u ishranu kokoši nosilja došlo je do povećanja sadržaja polinezasićenih masnih kiselina u žumancima već nakon 10. dana, nakon čega je nivo

ovih masnih kiselina bio konstantan tokom celog perioda ishrane, odnosno vreme nije imalo uticaja na sadržaj ovih masnih kiselina ($p>0,05$), što je u skladu sa dostupnom literaturom u kojoj se navodi da se u periodu za 6 do 12 dana (Nain i sar., 2012), odnosno za 2 do 14 dana (Dalle Zotte i sar., 2015) može postići nivo PUFA koji ostaje konstantan do kraja perioda ishrane.

Sadržaj skoro svih pojedinačnih PUFA bio je značajno viši ($p<0,001$) u žumancima iz eksperimentalnih tretmana u poređenju sa kontrolnim tretmanima, osim sadržaja linolne kiseline koja je bila statistički značajno manja ($p<0,001$) u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 (12,28%) i L2 (11,25%) u poređenju sa kontrolnim tretmanima K1 (13,19%) i K2 (14,90%). Smanjenje sadržaja linolne kiseline u žumancima je bio jedan od ciljeva ove doktorske disertacije, jer veća količina ω -6 masnih kiselina nije poželjna iz razloga što povećava kompeticiju za enzime desaturaze čime se smanjuje konverzija EPA i DHA iz ALA (Fraeye i sar., 2012).

Dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji su u saglasnosti sa istraživanjima (Aymond i Van Elswyk, 1995; Grobas i sar., 2001; Mattioli i sar., 2017).

Dodatkom ko-ekstrudata lana u smeše za ishranu kokoši nosilja došlo je do statistički značajnog povećanja ($p<0,001$) sadržaja poželjnih ω -3 masnih kiselina (ALA, EPA i DHA) u žumancima. Nakon 30 dana ishrane kokoši nosilja, u žumancima iz eksperimentalnog tretmana L1, gde je udeo ko-ekstrudata u smeši bio 13,50%, utvrđena je vrednost 6,46% za sadržaj α -linolenske kiseline što je 8,4 puta više nego u kontrolnom tretmanu K1 (0,77%) i 6,6 puta više nego u kontrolnom tretmanu K2 (0,98%). U eksperimentalnom tretmanu L2 gde je udeo ko-ekstrudata u smeši bio 22,50% utvrđena je vrednost 8,87% što je 11,5 i 9 puta više nego u kontrolnim tretmanima K1 i K2, respektivno. Nain i sar. (2012) su u svojim istraživanjima dodavali 15% ekstrudata (lan:grašak,1:1) u hranu za kokoši nosilje i nakon 18 dana ishrane utvrdili povećanje sadržaja ALA u žumancima sa 26,5 mg/jajetu na 203,9 mg/jajetu, što je povećanje od 7,7 puta.

Takođe, dodatak ko-ekstrudata lana povećao je sadržaj EPA i DHA u žumancima statistički značajno ($p < 0,001$). Međutim, kako navode Aymond i Van Elswyk (1995), kao i Lemahieu i sar. (2015), iako su kokoši nosilje sposobne da izvrše konverziju DHA iz ALA ovaj proces je prilično neefikasan jer sa povećanjem udela lana u smeši dolazi do linearnog povećanja sadržaja ALA ali se sadržaj DHA u žumancima ne povećava statistički značajno. Naime, Aymond i Van Elswyk (1995) su u svojoj studiji ustanovili da se dodatkom 5% i 15% semena lana dobijaju vrednosti DHA od 5,02 i 5,40 mg/g žumanca koje su bile oko 2,5 puta veće u odnosu na kontrolu. ali se nisu statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$) između sebe iako se očekivalo značajno povećanje DHA sa dodatkom veće količine lana. Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima dobijenim u ovoj doktorskoj disertaciji gde su dodatkom 13,5 i 22,5% ko-ekstrudata lana nakon 30. dana utvrđene vrednosti 2,01 i 2,08% u eksperimentalnim tretmanima L1 i L2 koje su bile oko 3 puta veće u odnosu na kontrolne tretmane, ali se između sebe nisu statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$). Takođe, sa povećanjem udela ko-ekstrudata lana u smešama nije došlo ni do statistički značajnog povećanja EPA u tretmanu L2 u odnosu na tretman L1 ($p > 0,05$). Međutim, dodatkom ko-ekstrudata lana nakon 30. dana ishrane kokoši nosilja sadržaj EPA se od 0,03% i 0,04% u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 povećao do 0,17% i 0,21% u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2, što je povećanje od 5,6 i 4,3 puta u tretmanu L1, a 7 i 5,3 puta u tretmanu L2 u poređenju sa kontrolnim tretmanima K1 i K2, respektivno.

Dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji su u saglasnosti sa predhodnim istraživanjima u kojima se navodi da dodatak semena lana ili njegovih proizvoda u ishranu kokoši nosilja dovodi do povećanja ω -3 masnih kiselina u žumancima (Jiang i sar., 1991; Aymond i Van Elswyk, 1995; Bean i Leeson, 2003; Hayat i sar., 2009; Nain i sar., 2012; Coorey i sar., 2015; Lemahieu i sar., 2015).

Međutim, kao što navodi Simopoulos (2009), kritični faktor efikasnosti masnih kiselina nije apsolutna količina omega-6 i omega-3 masnih kiselina već njihov odnos. Ovaj odnos je bolji što je bliži odnosu

1:1. Odgovarajući odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina povećava stopu konverzije EPA i DHA iz ALA (Simopoulos, 2001).

Kao što se može videti na grafiku 7. i u tabeli P1-15. zamenom kukuruza sa kukuruznom krupicom i dodatkom ko-ekstrudata lana u smeše za ishranu kokoši nosilja došlo je do značajnog smanjenja ($p < 0,001$) odnosa ω -6/ ω -3 masnih kiselina u eksperimentalnim tretmanima L1 (1,51; 1,47; 1,44; 1,45 i 1,43) i L2 (1,29; 1,14; 1,17; 1,19 i 1,01) u odnosu na kontrolne tretmane K1 (8,84; 9,10; 9,77; 9,87 i 9,40) i K2 (9,07; 9,95; 10,00; 9,90 i 8,88).

Postignuta vrednost od 1,01 za odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina dobijena 30. dana u eksperimentalnom tretmanu L2 predstavlja idealnu vrednost odnosa ove dve masne kiseline što je bio jedan od ciljeva ove doktorske disertacije. Takođe, i vrednost od 1,43 za ovaj odnos dobijena u eksperimentalnom tretmanu L1 nakon 30. dana ishrane kokoši nosilja predstavlja veoma poželjnu vrednost sa stanovišta ljudskog zdravlja, jer kako se u literaturi navodi samo odnos manji od 4:1 će dovesti do konverzije EPA i DHA iz ALA (Simopoulos, 2002).

Masnokiselinski profil jaja dobijenih ishranom kokoši nosilja sa ko-ekstrudatom lanika prikazan je u tabeli 5.2.20. Dodatkom ko-ekstrudata lanika u hranu za kokoši nosilje sadržaj ukupnih SFA, bio je značajno manji ($p < 0,01$) u eksperimentalnim tretmanima C1 (35,76%) i C2 (36,57%) u odnosu na kontrolne tretmane K1 (40,21%) i K2 (38,97%) na kraju perioda ishrane. Ovo smanjenje može se objasniti smanjenjem sadržaja palmitinske kiseline koja je najzastupljenija zasićena masna kiselina u žumancima, jer u sadržaju drugih zasićenih masnih kiselina nisu uočene statistički značajne promene ($p > 0,05$), osim kod behenske kiseline u eksperimentalnom tretmanu C1 30. dana. Ovi rezultati su u skladu sa prethodnim istraživanjima Aziza i sar. (2013) i Cherian i sar. (2009) koji u svojim studijama navode da dodatak sačme od lanika smanjuje sadržaj palmitinske kiseline u žumancima. Nasuprot tome, Cherian i Quezada (2016) navode da dodatak 10% semena lanika nije uticao na sadržaj ove masne kiseline u žumancima.

Sadržaj ukupnih MUFA (C16:1, C18:1 ω -9, C20:1 ω -9) se statistički značajno povećao ($p < 0,01$) u žumancima iz eksperimentalnih tretmana C1 i C2 u odnosu na kontrolne tretmane K1 i K2, dodatkom ko-ekstrudata lanika u hranu za kokoši nosilje. Povećanje ukupnih mononezasićenih masnih kiselina je posledica povećanja sadržaja oleinske kiseline (najzastupljenije MUFA u žumancima) i eikozenoične kiseline. Dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji nisu u saglasnosti sa prethodnim istraživanjima koja tvrde da dodatkom semena, sačme ili ulja od lanika dolazi do smanjenja sadržaja oleinske kiseline u žumancima, ali su u saglasnosti sa istim literaturnim navodima da dolazi do povećanja eikozenoične kiseline u jajima (Rokka i sar., 2002; Valkonen i sar., 2007; Cherian i sar., 2009; Kakani i sar., 2012; Aziza i sar., 2013; Cherian i Quezada, 2016). Kako je prethodno navedeno kod ko-ekstrudata lana, povećanje oleinske kiseline se može objasniti specijalno dizajniranim eksperimentalnim smešama gde je ko-ekstrudatu lanika dodat vitamina E kao antioksidans koji štiti masne kiseline od oksidacije i degradacije, te su one na ovaj način sačuvane u većoj količini.

Sadržaj ukupnih PUFA bio je značajno viši ($p < 0,05$) u žumancima iz tretmana u kojima su kokoši nosilje hranjene sa 5% masti (K2 i C2) u poređenju sa tretmanima u kojima su kokoši hranjene sa 3% masti. Primećene razlike bile su statistički značajno veće ($p < 0,001$) samo 10. i 15. dana ishrane. Uključivanje veće količine masti u smeše za ishranu kokoši nosilja dovelo je do povećanja ω -6 masnih kiselina u žumancima iz kontrolnog tretmana K2, a ω -3 masnih kiselina u žumancima iz eksperimentalnog tretmana C2, zbog različitih izvora masti, kukuruza i sojinog ulja u tretmanu K2, a ko-ekstrudata lanika u tretmanu C2.

Takođe, zbog različitih izvora masti u smešama za ishranu kokoši nosilja, sadržaj linolne kiseline je bio statistički značajno manji ($p < 0,05$) u žumancima iz eksperimentalnih tretmana C1 (9,43%) i C2 (9,89%) u poređenju sa kontrolnim tretmanima K1 (13,19%) i K2 (14,90%). Dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji su u saglasnosti sa prethodnim istraživanjima u kojima se tvrdi da dodatkom semena lanika dolazi do smanjenja sadržaja linolne kiseline u žumancima (Kakani i sar., 2012;

Cherian i Quezada, 2016), a u suprotnosti sa literaturnim navodima da dodatkom sačme od lanika dolazi do povećanja sadržaja linolne kiseline u žumancima (Cherian i sar., 2009; Aziza i sar., 2013).

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5.2.20. vidi se da je u žumancima iz eksperimentalnih tretmana C1 i C2 došlo do statistički značajnog povećanja ($p < 0,001$) ω -3 masnih kiselina (ALA, EPA i DHA) u odnosu na žumanca iz kontrolnih tretmana, što se može objasniti dodatkom ko-ekstrudata lanika u ishranu kokoši nosilja. Nakon 30 dana ishrane, sadržaj ALA je bio 5 puta veći u eksperimentalnom tretmanu C1 (3,89%) nego u kontrolnom tretmanu K1 (0,77%) i 4 puta veći nego u kontrolnom tretmanu K2 (0,98%), dok je sadržaj ALA u eksperimentalnom tretmanu C2 (4,29%) bio 5,6 i 4,4 puta veći nego u kontrolnim tretmanima K1 i K2, respektivno. Takođe, dodatak ko-ekstrudata lanika povećao je sadržaj EPA 6 puta i 4 puta, kao i sadržaj DHA 2 puta u žumancima eksperimentalnih tretmana C1 i C2 u poređenju sa kontrolnim tretmanima K1 i K2, respektivno.

Dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji su u saglasnosti sa prethodnim istraživanjima (Rokka i sar., 2002; Valkonen i sar., 2007; Aronen i sar., 2009; Cherian i sar., 2009; Kakani i sar., 2012; Aziza i sar., 2013; Cherian i Quezada, 2016).

Kao što se može videti na grafiku 7. i u tabeli P1-15. zamena kukuruza sa kukuruznom krupicom i ko-ekstrudatom lanika dovela je do značajnog smanjenja ($p < 0,001$) odnosa ω -6/ ω -3 masnih kiselina u eksperimentalnim tretmanima C1 (1,74) i C2 (1,73) u odnosu na kontrolne tretmane K1 (9,40) i K2 (8,88).

Na osnovu prikazanih rezultata vidi se da je ovaj odnos manji od 2 u oba eksperimentalna tretmana (C1 i C2) što je niža vrednost u poređenju sa prethodnim istraživanjima gde je dadavano seme ili sačma od lanika (Rokka i sar., 2002; Cherian i sar., 2009; Kakani i sar., 2012; Aziza i sar., 2013; Cherian i Quezada, 2016) i poželjnije sa aspekta uticaja na zdravlje ljudi. Dobijene vrednosti takođe zadovoljavaju postavljene ciljeve u ovoj doktorskoj disertaciji.

Masnokiselinski profil jaja dobijenih ishranom kokoši nosilja sa ko-ekstrudatom konoplje prikazan je u tabeli 5.2.21. Dodatkom ko-ekstrudata konoplje u hranu za kokoši nosilje nakon 30. dana ishrane, sadržaj ukupnih SFA (C14:0, C16:0, C18:0, C22:0), bio je značajno manji ($p < 0,01$) u eksperimentalnim tretmanima H1 (34,67%) i H2 (34,12%) u odnosu na kontrolne tretmane K1 (40,21%) i K2 (38,97%). Ovo smanjenje može se objasniti smanjenjem sadržaja palmitinske kiseline koja je najzastupljenija zasićena masna kiselina u žumancima ($p < 0,001$). Ovi rezultati su u skladu sa Silversides i Lefrançois (2005), kao i sa Neijat i sar. (2016) koji u svojim studijama navode da dodatak sačme, odnosno semena i ulja konoplje značajno smanjuju sadržaj palmitinske kiseline u žumancima, dok Goldberg i sar. (2012) i Gakhar i sar. (2012) takođe navode da dolazi do smanjenja ove kiseline, ali da ono nije statistički značajno. Prema nekim literaturnim navodima (Gakhar i sar., 2012; Goldberg i sar., 2012; Neijat i sar., 2016) dodatkom ulja konoplje preko 9% i semena preko 20% dolazi do povećanja sadržaja stearinske kiseline u jajima, dok Silversides i Lefrançois (2005) navode da dodatkom sačme od konoplje dolazi do smanjenja sadržaja ove masne kiseline u jajima, ali ne statistički značajno, što je u skladu sa rezultatima iz ove doktorske disertacije.

Dodatkom ko-ekstrudata konoplje u hranu za kokoši nosilje, sadržaj ukupnih MUFA (C16:1 i C18:1 ω -9) nije se menjao u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H1, dok je u žumancima iz eksperimentalnog tretmana H2 došlo do smanjenja u odnosu na kontrolne tretmane K1 i K2. Smanjenje sadržaja ukupnih mononezasićenih masnih kiselina je posledica smanjenja sadržaja oleinske kiseline. Ovi rezultati su u skladu sa dostupnim literaturnim podacima u kojima se navodi da je dodatkom preko 4% ulja i preko 20% semena konoplje došlo do smanjenja sadržaja ove masne kiseline u žumancima (Gakhar i sar., 2012; Goldberg i sar., 2012; Neijat i sar., 2016).

Sadržaj palmitoleinske kiseline, 10. dana ishrane kokoši nosilja, bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) u žumancima iz tretmana sa 3% masti (K1 i H1) u odnosu na žumanca iz tretmana sa 5% masti (K2 i H2),

kao i 15. dana u tretmanu H1 u odnosu na tretman K2, međutim nakon 20. dana pa sve do kraja perioda ishrane kokoši nosilja nije bilo statistički značajnih razlika između tretmana što je u skladu sa literaturnim navodima (Silversides i Lefrançois, 2005; Gakhar i sar., 2012; Goldberg i sar., 2012; Neijat i sar., 2016).

Sadržaj ukupnih PUFA bio je statistički značajno veći ($p < 0,001$) u žumancima iz experimentalnih tretmana H1 i H2 u poređenju sa kontrolnim tretmanima K1 i K2 tokom celog perioda ishrane kokoši nosilja.

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5.2.21. vidi se da je u žumancima iz eksperimentalnih tretmana H1 i H2 došlo do statistički značajnog povećanja ($p < 0,001$) ω -6 i ω -3 masnih kiselina u odnosu na žumanca iz kontrolnih tretmana, što se može objasniti dodatkom ko-ekstrudata konoplje u ishranu kokoši nosilja. Dodatkom ko-ekstrudata konoplje dolazi do statistički značajnog povećanja ($p < 0,001$) sadržaja linolne kiseline u žumancima iz eksperimentalnih tretmana H1 i H2 u poređenju sa kontrolnim tretmanima K1 i K2, što je u skladu sa literaturnim navodima (Silversides i Lefrançois, 2005; Gakhar i sar., 2012). Ovo se može objasniti time što je seme konoplje izuzetno bogato linolnom kiselinom. Od 80% ukupnih PUFA 60% čine ω -6 masne kiseline (tabela 5.2.2.).

Nakon 30 dana ishrane, sadržaj ALA je bio 2,8 puta veći u eksperimentalnom tretmanu H1 (2,17%) nego u kontrolnom tretmanu K1 (0,77%) i 2,2 puta veći nego u kontrolnom tretmanu K2 (0,98%), dok je u eksperimentalnom tretmanu H2 (2,78%) bio 3,6 i 2,8 puta veći nego u kontrolnim tretmanima K1 i K2, respektivno. Takođe, dodatak ko-ekstrudata konoplje povećao je sadržaj EPA i DHA oko 2 puta u eksperimentalnim tretmanima H1 i H2 u poređenju sa kontrolnim tretmanima K1 i K2. Dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji su u saglasnosti sa predhodnim istraživanjima (Silversides i Lefrançois, 2005; Gakhar i sar., 2012; Goldberg i sar., 2012; Neijat i sar., 2016).

Specifičan masnokiselinski sastav semena i ko-ekstrudata konoplje uticao je i na odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina u jajima. Iako je ko-

ekstrudat konoplje bogatiji sa ω -6 masnim kiselinama u odnosu na kontrolu, žumanca iz eksperimentalnih tretmana H1 i H2 imala su statistički značajno niži ($p < 0,05$) odnos ω -6/ ω -3 od kontrolnih tretmana zbog toga što ko-ekstrudat konoplje sadrži i značajno veću količinu ω -3 masnih kiselina u odnosu na kontrolu.

Kao što se može videti na grafiku 7. i iz rezultata prikazanih u tabeli P1-15 odnos ω -6/ ω -3 se kretao između 4,4 i 5,26 što je u saglasnosti sa prethodnim istraživanjima u kojima je dodatkom 30% semena konoplje utvrđena vrednost za odnos ω -6/ ω -3 bila 4,92 (Neijat i sar., 2016).

Odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina postignut u tretmanima sa dodatkom ko-ekstrudata konoplje iako veći od 4:1, i dalje je mnogo poželjniji od odnosa ovih masnih kiselina postignutih u kontrolnim tretmanima.

Na osnovu rezultata prikazanih na graficima 5 i 6, kao i u tabelama P1-13 i P1-14 vidimo da su najveće vrednosti ω -3 masnih kiselina, postignuta nakon 30 dana ishrane, imala žumanca iz tretmana sa dodatkom ko-ekstrudata lana (11,15%), duplo više nego žumanca iz tretmana sa dodatkom lanika (5,80%) i konoplje (4,20%). Međutim, zahvaljujući niskom sadržaju ω -6 masnih kiselina u ko-ekstrudatu lanika (10,03%) koji je bio duplo manji od sadržaja ω -6 masnih kiselina u ko-ekstrudatu konoplje (21,00%), a veoma sličan sadržaju ω -6 masnih kiselina u ko-ekstrudatu lana (11,30%), odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina u žumancima dobijenim dodatkom lanika (1,73) bio je mnogo bliži odnosu ω -6/ ω -3 masnih kiselina u žumancima dobijenim dodatkom lana (1,01) nego odnosu ω -6/ ω -3 masnih kiselina u žumancima dobijenim dodatkom konoplje (5,00). Iz razloga što je odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina kod lanika bio skoro 3 puta manji nego kod konoplje i mnogo bliži vrednosti 1:1, to ko-ekstrudatu lanika daje značajnu prednost u odnosu na ko-ekstrudat konoplje prilikom odabira ovih funkcionalnih hraniva za ishranu kokoši nosilja. Međutim, zbog vrednosti 1,01 za odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina u žumancima dobijenim dodatkom ko-ekstrudata lana, on se smatra najidealnijim funkcionalnim hranivom od sva tri gore navedena.

Masne kiseline dugih lanaca su sklone oksidaciji zbog njihovih dvostrukih veza i mogu preneti ovu neželjenu osobinu u ω -3 obogaćena jaja. Zbog toga je potrebno dodati antioksidante poput vitamina E (α -tokoferil acetat) u ishranu kokoši nosilja (Meluzzi i sar., 2000).

Dodavanje tokoferola u ishranu kokoši nosilja rezultira linearnim povećanjem njihove koncentracije u žumancima. Ukupan tokoferol čine α , β i γ – tokoferol. Međutim, kako je količina β + γ – tokoferola mala, do 1 mg/100g, to ukazuje da sadržaj ukupnih tokoferola čini α – tokoferol, što je i prikazano na graficima od 9 do 11 i u tabeli P1-16. Iako je ista količina vitamina E dodata u sve ko-ekstrudate, u žumancima dobijenim nakon ishrane kokoši nosilja, uočena su značajna odstupanja u sadržaju ukupnih tokoferola između eksperimentalnih tretmana. Prema eksperimentalnom dizajnu količina ko-ekstrudata dodata u smeše nije bila ista, jer su smeše pravljene izoenergetski prema sadržaju masti, tako da se sadržaj tokoferola u žumancima ne može tumačiti prema utrošku ovog vitamina u oksidativnim procesima radi zaštite polinezasićenih masnih kiselina, iako je najmanji sadržaj vitamina bio u eksperimentalnim tretmanima L1 i L2 gde je bio i najveći sadržaj ALA, već isključivo zbog različite količine ovog vitamina u semenima uljarica.

U svim tretmanima uočava se pad vrednosti od 10. do 30. dana što je i očekivano s obzirom na njegov utrošak u oksidativnim procesima tokom 30 dana ishrane kokoši nosilja.

Sadržaj ukupnih tokoferola bio je značajno veći ($p < 0,05$) u žumancima iz tretmana sa 5% masti u poređenju sa tretmanima gde su kokoši hranjene sa 3% masti, zbog toga što su ovi vitamini rastvorljivi u mastima i sa povećanjem količine masti povećava se i njihov sadržaj. Sadržaj tokoferola u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1, L2, C1, C2, H1 i H2 bio je značajno veći ($p < 0,05$) u poređenju sa sadržajem ovog vitamina u kontrolnim tretmanima. Povećanjem udela ko-ekstrudata u smešama za ishranu kokoši nosilja povećala se i količina vitamina E u žumancima. Sadržaj vitamina E bio je 6, 9 i 12 puta veći u eksperimentalnim tretmanima L1, C1 i H1 nego kod kontrolnog tretmana K1 a 1,8 2,5 i 3,4 puta veći nego kod kontrolnog tretmana K2,

respektivno. U eksperimentalnom tretmanu L2, C2 i H2 sadržaj vitamina E bio je 8, 14 i 12 puta veći u poređenju sa kontrolnim tretmanom K1 a 2,3; 4 i 3,4 puta veći u poređenju sa kontrolnim tretmanom K2, respektivno. Rezultati dobijeni u ovoj disertaciji su u saglasnosti sa (Hayat i sar., 2010b).

Kako navode Hayat i sar. (2009) konzumiranjem 2 jaja od kokoši hranjenih sa lanom kome je dodato 150 UI tokoferola može da se obezbedi 11 mg tokoferola u ljudskoj ishrani, što predstavlja preporučeni dnevni unos ovog vitamina. Manipulacijom ishrane kokoši nosilja može da se poveća sadržaj ovog vitamina u žumancima, čime bi se obezbedio prirodni izvor ovog vitamina unosom kroz hranu, te na taj način doprinelo brojnim zdravstvenim koristima za čoveka.

Na osnovu rezultata senzorske analize boje svežih žumanaca prikazanih na grafiku 12 za prihvatljivost boje, boju (nijansu), ujednačenost boje, za vrednosti prema Roche lepezi, kao i instrumentalnih pokazatelja preko koordinata L^* , a^* , b^* , sadržaja β -karotena i Roche lepeze (tabele od 5.2.14. do 5.2.18.) utvrđena je pozitivna zavisnost. Vrednosti svih ovih pokazatelja boje bile su iste u svim eksperimentalnim tretmanima (L1, L2, C1, C2, H1 i H2) odnosno, između njih nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p > 0,05$), što ukazuje na to da je u svim ovim eksperimentalnim tretmanima postignuta optimalna boja žumanaca koja je bila postavljena kao zadatak u drugom delu doktorske disertacije.

Na osnovu rezultata prikazanih na grafiku 12 vidi se da su vrednosti senzorskih pokazatelja za prihvatljivost i nijansu boje svežih žumanaca bili statistički značajno različiti ($p < 0,05$) između eksperimentalnih i kontrolnih tretmana što ukazuje na to da potrošači ne vole svetla žumanca (K1, ispod 10 prema Roche lepezi) ali ni jako tamna žumanca (K2, preko 14 prema Roche lepezi) i da su senzorno najprihvatljivija žumanca iz eksperimentalnih tretmana sa vrednostima prema Roche lepezi od 12,50 do 13,39.

Vrednosti za ujednačenost boje nisu se statistički značajno razlikovale između eksperimentalnih i kontrolnih tretmana, što znači da

se prirodni pigmenti mogu pouzdano koristiti kao zamena za sintetičke pigmente jer ne dovode do neujednačenosti boje žumanaca.

Međutim, kod kuvanih jaja vrednosti senzorskih pokazatelja za prihvatljivost i ujednačenost boje nisu se statistički značajno razlikovala ($p > 0,05$) između eksperimentalnih i kontrolnih tretmana (grafik 13), dok je kod nijanse boje uočena statistički značajna razlika između njih ($p < 0,05$), osim kod K2 u odnosu na H1 i C2. Ovo ukazuje da se primetne razlike u boji svežih žumanaca ne mogu lako uočiti nakon kuvanja jaja.

Jedini organoleptički problem koji može da se javi prilikom manipulacije sa ishranom kokoši nosilja jeste pojava ukusa i mirisa “na ribu” kada se u hranu dodaje veća količina polinezasićenih masnih kiselina, naročito ribljeg ulja u većem procentu (Gonzalez-Esquerra i Leeson, 2000) ili biljnih ulja kao što je laneno.

Na osnovu rezultata prikazanih na grafiku 13 uočava se da su jaja iz svih tretmana imala miris karakterističan za jaja, odnosno između tretmana nije bilo statistički značajnih razlika.

Međutim, jaja iz tretmana L1 i L2 su se statistički značajno razlikovala ($p < 0,05$) po ukusu u odnosu na sve ostale tretmane. U ovim tretmanima su kokoši nosilje hranjene sa ko-ekstrudatima lana u količini od 13,5% i 22,5 % što je u skladu sa literaturnim navodima gde je dodatak lana u količini većoj od 10% negativno uticao na senzorsku ocenu jaja (Jiang i sar., 1992; Hayat i sar., 2010a; Coorey i sar., 2015).

Nasuprot lanu, dodatak ko-ekstrudata lanika u količini od 16,6% i 27,6% nije negativno uticao na senzorsku ocenu jaja što je u skladu sa dostupnom literaturom (Rokka i sar., 2002; Valkonen i sar., 2007). Takođe, ni dodatak ko-ekstrudata konoplje u količini od 18,4% i 30,7% nije negativno uticao na senzorsku ocenu jaja, čak naprotiv, jaja iz ovih tretmana su ocenjena kao najpoželjnija sa maksimalnim senzorskim ocenama za ukus 5,00. Dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji su u skladu sa dostupnom literaturom (Goldberg i sar., 2012).

U svetlu ovih saznanja, a u skladu sa savremenim trendovima i zahtevima potrošača za balansiranom i zdravom hranom može se zaključiti da funkcionalna jaja obogaćena ω -3 masnim kiselinama i

antioksidansima predstavljaju idealnu namirnicu jer je, na osnovu literaturnih navoda, poznato njihovo pozitivno delovanje na zdravlje ljudi. Jaja obogaćena prirodnim pigmentima, ω -3 masnim kiselinama i tokoferolima mogu biti proizvedena sa manjim promenama u ishrani kokoši nosilja bez negativnih uticaja na proizvodne i tehnološke parametre kvaliteta jaja, kao i na senzorsku ocenu jaja koja se formira na osnovu boje, mirisa i ukusa.

Nije utvrđeno da boja žumanca utiče na ukus jaja i sadržaj hranljivih materija u njemu, ali je veoma značajna senzorska osobina pa je poželjeno da boja žumanaca bude prihvatljiva za potrošače. Međutim, na prihvatljivost nekog proizvoda u najvećoj meri utiču ukus i miris, pa se konačna odluka o prihvatanju nekog proizvoda ne zasniva na njegovoj nutritivnoj vrednosti već upravo na ovim osobinama.

Stoga se, kreiranje funkcionalnih proizvoda koji treba da imaju povećan nivo polinezasićenih masnih kiselina, a sa druge strane da to povećanje ne dovede do promene ukusa i mirisa proizvoda, smatra izazovom za proizvođače.

Ova doktorska disertacija predstavlja značajan doprinos rešenju ovog problema.

7. Zaključci

Na osnovu prikazanih rezultata dobijenih ispitivanjem uticaja različitih izvora prirodnih pigmenata na formiranje boje žumanca i ko-ekstrudata na bazi semena lana, lanika i konoplje na profil masnih kiselina u jajima i diskusije tih rezultata može se zaključiti:

- da dodatak 1,5% prirodnih pigmenata na bazi nevena, šargarepe i paprike, pojedinačno ili u kombinaciji, u smeše za ishranu kokoši nosilja ne utiče negativno na tehnološke parametre kvaliteta jaja (masu celih jaja, masu žumanca, masu belanca i masu ljuske),
- da kukuruz kao jedini izvor prirodnih pigmenata u ishrani kokoši nosilja (kontrolni tretman T1) ne može da doprinese da vrednost boje žumanca prema Roche lepezi bude veća od 8,
- da dodatak nevena i šargarepe u ishranu kokoši nosilja u količini od 1,5%, pojedinačno ili u kombinaciji (T3, T4, T5 i T9) doprinosi nešto većoj boji žumanca u odnosu na prisustvo kukuruza kao jedinog izvora pimenta i to od 8,17 do 8,67 prema Roche lepezi, što znači da crveni karotenoidi imaju glavnu ulogu u intenzivnom bojenju žumanaca,
- da dodatak paprike u ishrani kokoši nosilja u količini od 1% ili 1,5% doprinosi da se ostvari vrednost boje žumanca veća od 14 prema Roche lepezi (T7, T11 i T12),
- da se optimalna boja žumanca (od 12 do 14 prema Roche lepezi) postiže kombinacijom žutih i crvenih pigmenata u odnosu 2:1,
- da je OPTIMALNA boja žumanca od 12,56 do 13,38 prema Roche lepezi ostvarena u tretmanima T6, T8 i T10 u kojima je u ishranu kokoši nosilja dodato 1% nevena i 0,5% paprike (T6), 1% šargarepe i 0,5% paprike (T10), kao i 0,5% od sve tri komponente (T8),
- da su najmanje vrednosti sadržaja β - karotena utvrđene u tretmanima T1, T4, T5 i T9 (od 23,17 do 28,10 $\mu\text{g/g}$) u kojima su i

prema Roche lepezi utvrđene najniže vrednosti boje žumanaca od 7,67 do 8,67,

- da su najveće vrednosti sadržaja β -karotena utvrđene u tretmanima T2, T11 i T12 (od 42,24 do 47,97 $\mu\text{g/g}$) u kojima su i prema Roche lepezi utvrđene najviše vrednosti boje žumanaca preko 14,
- da je u žumancima, iz tretmana u kojima su utvrđene optimalne vrednosti boje prema Roche lepezi od 12,56 do 13,38 (T6 i T10), utvrđena vrednost sadržaja β -karotena nalazila između dve grupe tretmana u kojima su utvrđene minimalne i maksimalne vrednosti i kretala se u intervalu od 30,77 do 31,93 $\mu\text{g/g}$,
- da su dobijeni rezultati za koordinate L^* , a^* i b^* u pozitivnoj korelaciji sa dobijenim rezultatima boje žumanaca prema Roche lepezi i sadržaju β -karotena,
- da dodatak nevena i šargarepe (pojedinačno ili u kombinaciji) u ishranu kokoši nosilja ne utiče na vrednosti svetloće boje (L^*) i na vrednosti udela žute boje (b^*) u žumancima,
- da dodatkom paprike u hranu za kokoši nosilje, vrednosti za koordinatu a^* imaju tendenciju povećanja, a vrednosti za koordinate L^* i b^* tendenciju smanjenja,
- da pozitivna korelacija između vrednosti boje prema Roche lepezi i sadržaja β -karotena sa koordinatom a^* raste od a_1^* do a_3^* što ukazuje da je merenje boje najpouzdanije u unutrašnjosti žumanca, odnosno kada se žumance odvoji od belanca i vitelinske membrane,
- da su potrošačima podjednako nepoželjna jaja u kojima je utvrđena svetla boja žumanca (ispod 9 prema Roche lepezi), kao i jaja u kojima je utvrđena tamna, odnosno narandžasto crvena boja žumanca (preko 14 prema Roche lepezi), zbog čega su najniže senzorske ocene za prihvatljivost i nijansu boje utvrđene u žumancima iz tretmana T1, T2, T3, T4, T5, T9, T11 i T12,

- da su najviše senzorske ocene za prihvatljivost i nijansu boje utvrđene u žumancima iz tretmana T6, T8 i T10, koja su imala narandžastu boju žumanca (od 12 do 14 prema Roche lepezi),
- da se prirodni izvori pigmenata mogu sasvim pouzdano koristiti u ishrani kokoši nosilja kao zamena za sintetičke pigmente jer doprinose postizanju poželjne boje žumanca, a ne utiču negativno na ostale parametre kvaliteta jaja,
- da je OPTIMALNA boja žumanca, koja je bila cilj prvog dela doktorske disertacije ostvarena u tretmanima T6, T8 i T10 u kojima je u ishranu kokoši nosilja dodato 1% nevena i 0,5% paprike (T6), 1% šargarepe i 0,5% paprike (T10), kao i 0,5% od sve tri komponente (T8), a da je za drugi biološki ogled, kao OPTIMALNA, odabrana kombinacija T10 sa 1% šargarepe i 0,5% paprike jer je šargarepa jeftinija i ekonomski isplativija sirovina od nevena,
- da su primenom procesa ekstrudiranja napravljeni funkcionalni ko-ekstrudati kod kojih je ukupan sadržaj masti poticao od semena uljarica, odnosno da je sadržaj omega – 3 masnih kiselina u ko-ekstrudatima lana, lanika i konoplje (56,33%; 34,85% i 19,44%) isti kao u njihovim semenima (54,28%; 34,62% i 19,52%), respektivno,
- da je primenom procesa ekstrudiranja smanjen sadržaj glukozinolata u semenu lanika sa 28,09 $\mu\text{mol/g}$ na 4,19 $\mu\text{mol/g}$, u semenu lana sa 5,72 $\mu\text{mol/g}$ na 3,31 $\mu\text{mol/g}$, a u semenu konoplje sa 5,45 $\mu\text{mol/g}$ na 3,21 $\mu\text{mol/g}$,
- da je primenom procesa ekstrudiranja smanjen sadržaj HCN-a u semenu lana sa 177 mg/kg na 23,87 mg/kg, u semenu lanika i konoplje sa 23,87 mg/kg odnosno 55,76 mg/kg na nivo ispod detekcije,
- da dodatak ko-ekstrudata lana, lanika i konoplje u količini od 13,5% i 22,5% lana, 16,6% i 27,6% lanika i 18,4% i 30,7% konoplje u smeše za ishranu kokoši nosilja ne utiče negativno na tehnološke parametre kvaliteta jaja (masu celog jajeta, masu belanca, masu

žumanca, masu ljuske, debljinu ljuske, visinu i širinu žumanca, visinu belanca, pH vrednost žumanca i belanca i boju žumanca),

- da se dodatkom 1% šargarepe i 0,5% paprike u hranu za kokoši nosilje postiče OPTIMALNA boja žumanca od 12,50 (L1) do 13,39 (H2), koja ne zavisi od udela ko-ekstrudata u smešama jer između eksperimentalnih tretmana nije bilo statistički značajnih razlika za vrednosti boje žumanca prema Roche lepezi, sadržaju β -karotena, udelu svetloće boje (L^*), udelu crvene boje (a^*) i udelu žute boje (b^*),
- da je dodatkom ko-ekstrudata lana u hranu za kokoši nosilje smanjen sadržaj ukupnih SFA u žumancima sa 40,21% (K1) i 38,97% (K2) na 28,78% (L1) i 30,10% (L2), a povećan sadržaj ukupnih mono- nezasićenih masnih kiselina (MUFA) i polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) u žumancima sa 44,91% (K1) i 43,97% (K2) na 50,20% (L1) i 47,25% (L2), odnosno sa 14,87 (K1) i 17,00 (K2) na 21,02 (L1) i 22,50 (L2), respektivno,
- da je dodatkom ko-ekstrudata lana u hranu za kokoši nosilje smanjen sadržaj linolne kiseline u žumancima sa 13,19% (K1) i 14,90% (K2) na 12,28% (L1) i 11,25% (L2), a povećan sadržaj ALA u žumancima sa 0,77% (K1) i 0,98% (K2) na 6,46% (L1) i 8,87% (L2), što je povećanje od 8,4 puta i 6,6 puta u žumancima iz tretmana L1 i 11,5 puta i 9 puta u žumancima iz tretmana L2 u odnosu na žumanca iz kontrolnih tretmana K1 i K2, respektivno,
- da je dodatkom ko-ekstrudata lana u hranu za kokoši nosilje povećan sadržaj DHA u žumancima, sa 0,62% i 0,69% (K1 i K2) na 2,01% i 2,08% (L1 i L2), što je 3 puta veća vrednost u žumancima iz eksperimentalnih tretmana u odnosu na žumanca iz kontrolnih tretmana,
- da je dodatkom ko-ekstrudata lana u hranu za kokoši nosilje povećan sadržaj EPA sa 0,03% i 0,04% u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 na 0,17% i 0,21% u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2, što je povećanje od 5,6 puta i 4,3 puta u žumancima iz tretmana L1, a 7 puta i 5,3 puta u

žumancima iz tretmana L2 u poređenju sa žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2, respektivno,

- da je dodatkom ko-ekstrudata lana u hranu za kokoši nosilje smanjen odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina sa 9,40 i 8,88 koliko je utvrđen u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 na vrednosti 1,43 i 1,01 utvrđene u žumancima iz eksperimentalnih tretmana L1 i L2,
- da je dodatkom ko-ekstrudata lanika u hranu za kokoši nosilje smanjen sadržaj ukupnih SFA u žumancima sa 40,21% (K1) i 38,97% (K2) na 35,76% (C1) i 36,57% (C2), a povećan sadržaj ukupnih mononezasićenih masnih kiselina (MUFA) u žumancima sa 44,91% (K1) i 43,97% (K2) na 49,25% (C1) i 47,35% (C2), dok na sadržaj ukupnih polinezasićenih masnih kiselina, nakon 30 dana ishrane kokoši nosilja, nije uticao statistički značajno,
- da je dodatkom ko-ekstrudata lanika u hranu za kokoši nosilje smanjen sadržaj linolne kiseline u žumancima sa 13,19% (K1) i 14,90% (K2) na 9,43% (C1) i 9,89% (C2), a povećan sadržaj ALA u žumancima sa 0,77% (K1) i 0,98% (K2) na 3,89% (C1) i 4,29% (C2), što je povećanje od 5 puta i 4 puta u žumancima iz tretmana C1 kao i 5,6 puta i 4,4 puta u žumancima iz tretmana C2 u odnosu na žumanca iz kontrolnih tretmana K1 i K2, respektivno,
- da je dodatak ko-ekstrudata lanika u hranu za kokoši nosilje povećao sadržaj EPA 6 puta i 4 puta, kao i sadržaj DHA 2 puta u žumancima iz eksperimentalnih tretmana C1 i C2 u poređenju sa žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2, respektivno,
- da je dodatkom ko-ekstrudata lanika u hranu za kokoši nosilje smanjen odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina sa 9,40 i 8,88 u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 na 1,74 i 1,73 u žumancima iz eksperimentalnih tretmana C1 i C2,
- da je dodatkom ko-ekstrudata konoplje u hranu za kokoši nosilje smanjen sadržaj ukupnih SFA u žumancima sa 40,21% (K1) i 38,97% (K2) na 34,67% (H1) i 34,12% (H2), a povećan sadržaj

ukupnih polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) sa 14,87 (K1) i 17,00 (K2) na 22,26 (H1) i 25,20 (H2), dok na sadržaj ukupnih mononezasićenih masnih kiselina (MUFA), nakon 30 dana ishrane kokoši nosilja, nije uticao statistički značajno,

- da je dodatkom ko-ekstrudata konoplje u hranu za kokoši nosilje povećan sadržaj linolne kiseline u žumancima sa 13,19% (K1) i 14,90% (K2) na 18,39% (H1) i 20,78% (H2), kao i sadržaj ALA u žumancima, sa 0,77% (K1) i 0,98% (K2) na 2,17% (H1) i 2,78% (H2), što je povećanje od 2,8 puta i 2,2 puta u žumancima iz tretmana H1 kao i 3,6 puta i 2,8 puta u žumancima iz tretmana H2 u odnosu na žumanca iz kontrolnih tretmana K1 i K2, respektivno,
- da je dodatak ko-ekstrudata konoplje u hranu za kokoši nosilje povećao sadržaj EPA i DHA oko 2 puta u žumancima iz eksperimentalnih tretmana H1 i H2 u poređenju sa žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2,
- da je dodatkom ko-ekstrudata konoplje u hranu za kokoši nosilje smanjen odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina u žumancima sa 9,40 i 8,88 u žumancima iz kontrolnih tretmana K1 i K2 na 5,09 i 5,00 u žumancima iz eksperimentalnih tretmana H1 i H2,
- da se sa povećanjem udela ko-ekstrudata u smeše za ishranu kokoši nosilja povećala i količina vitamina E u žumancima, odnosno u tretmanima L1, C1 i H1 sadržaj vitamina E bio je 6, 9 i 12 puta veći u odnosu na K1, a 1,8; 2,5 i 3,4 puta veći u odnosu na K2, respektivno, dok je u tretmanima L2, C2 i H2 bio 8, 14 i 12 puta veći u odnosu na K1, a 2,3; 4 i 3,4 puta veći u odnosu na K2, respektivno,
- da je dodatkom 1% šargarepe i 0,5% paprike u hranu za kokoši nosilje postignuta optimalna boja žumanaca u svim eksperimentalnim tretmanima koji su dobili i najviše senzorske ocene za prihvatljivost, ujednačenost i nijansu boje (5,00),

- da dodatak ko-ekstrudata lana u hranu za kokoši nosilje u količini od 13,5% i 22,5% negativno utiče na senzorsku ocenu kuvanih jaja, sa ocenama za ukus od 3,63 (L1) i 2,31 (L2),
- da dodatak ko-ekstrudata lanika u hranu za kokoši nosilje u količini od 16,6% i 27,6% ne utiče negativno na senzorsku ocenu kuvanih jaja, sa ocenama za ukus jaja 4,69 i miris jaja 5,00,
- da dodatak ko-ekstrudata konoplje u hranu za kokoši nosilje u količini od 18,4% i 30,7% ne utiče negativno na senzorsku ocenu jaja, sa ocenama za ukus i miris jaja (5,00)

8. Literatura

- Abiodun, B.S., Adedeji, A.S., Abiodun, E., 2014. Lesser known indigenous vegetables as potential natural egg colourant in laying chickens. *Journal of Animal Science and Technology* 56, 18.
- Ahmad, S., Ahsan-ul-Haq, Yousaf, M., Kamran, Z., Ata-ur-Rehman, Sohail, M., Shahid-ur-Rahman, 2013. Effect of feeding whole linseed as a source of polyunsaturated fatty acids on performance and egg characteristics of laying hens kept at high ambient temperature. *Brazilian Journal of Poultry Science* 15, 21-26.
- Ahn, D.U., Kim, S.M., Shu, H., 1997. Effect of egg size and strain and age of hens on the solids content of chicken eggs. *Poultry Science* 76, 914-919.
- Al-Khalifa, H., 2015. Production of added-value poultry meat: enrichment with n-3 polyunsaturated fatty acids. *World's Poultry Science Journal* 71, 319-326.
- Altuntaş, A., Aydin, R., 2014. Fatty acid composition of egg yolk from chickens fed a diet including Marigold (*Tagetes erecta* L.). *Journal of lipids* 2014, 1-4.
- Amaya, E., Becquet, P., Carne, S., Peris, S., Miralles, P., 2014. Carotenoids in Animal Nutrition. Fefana Publication.
- Anjum, F.M., Haider, M.F., Khan, M.I., Sohaib, M., Arshad, M.S., 2013. Impact of extruded flaxseed meal supplemented diet on growth performance, oxidative stability and quality of broiler meat and meat products. *Lipids in Health and Disease* 12, 1-12.
- AOAC, 1998. Association of Analytical Communities. Official Methods of Analysis (16th ed.). Gaithersburg, MD, USA.
- Arhaliass, A., Bouvier, J.M., Legrand, J., 2003. Melt growth and shrinkage at the exit of the die in the extrusion-cooking process. *Journal of Food Engineering* 60, 185-192.
- Arias, J.L., Fernandez, M.S., 2001. Role of extracellular matrix molecules in shell formation and structure. *World's Poultry Science Journal* 57, 349-357.
- Arimboor, R., Natarajan, R.B., Menon, K.R., Chandrasekhar, L.P., Moorkoth, V., 2015. Red pepper (*Capsicum annum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability—a review. *Journal of food science and technology* 52, 1258-1271.

- Aronen, I., Valkonen, E., Tupasela, T., Hiidenhovi, J., Valaja, J., 2009. The effect of *Camelina sativa* cake on fatty acid composition and sensory quality of eggs and broiler meat, In 'Proceedings of the 19th European symposium on the quality of poultry meat: XIII European symposium on the quality of eggs and egg products, WPSA Finnish branch, Turku, Finland.
- Aymond, W.M., Van Elswyk, M.E., 1995. Yolk Thiobarbituric Acid Reactive Substances and n-3 Fatty Acids in Response to Whole and Ground Flaxseed. *Poultry Science* 74, 1388-1394.
- Aziza, A.E., Panda, A.K., Quezada, N., Cherian, G., 2013. Nutrient digestibility, egg quality, and fatty acid composition of brown laying hens fed camelina or flaxseed meal. *The Journal of Applied Poultry Research* 22, 832-841.
- Back, J.F., Bain, J.M., Vadehra, D.V., Burley, R.W., 1982. Proteins of the outer layer of the vitelline membrane of hen's eggs. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology* 705, 12-19.
- Baiao, N.C., Mendez, J., Mateos, J., García, M., Mateos, G.G., 1999. Pigmenting Efficacy of Several Oxycarotenoids on Egg Yolk. *The Journal of Applied Poultry Research* 8, 472-479.
- Balnave, D., Bird, J., 1996. Relative efficiencies of yellow carotenoids for egg yolk pigmentation. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 9, 515-517.
- Bartov, I., Bornstein, S., 1980. Studies On Egg Yolk Pigmentation: Effect Of Ethoxiquin On Xanthophylls Within And Among Genetic Sources. . *Poultry Science* 50, 1460-1461.
- Baucells, M.D., Crespo, N., Barroeta, A.C., López-Ferrer, S., Grashorn, M.A., 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science* 79, 51-59.
- Bean, L.D., Leeson, S., 2003. Long-term effects of feeding flaxseed on performance and egg fatty acid composition of brown and white hens. *Poultry Science* 82, 388-394.
- Beardsworth, P., Hernandez, J., 2004. Yolk colour—an important egg quality attribute. *International Poultry Production* 12, 17-18.
- Bhalerao, S., Hegde, M., Katyare, S., Kadam, S., 2014. Promotion of omega-3 chicken meat production: an Indian perspective. *World's Poultry Science Journal* 70, 365-374.
- Bhattacharya, S., Prakash, M., 1994. Extrusion of blends of rice and chick pea flours: A response surface analysis. *Journal of Food Engineering* 21, 315-330.

- Biđin, M., 2010. Eggs of domestic poultry—a highly valuable food in human nutrition. *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu* 12, 356-359.
- Bones, A.M., Rossiter, J.T., 2006. The enzymic and chemically induced decomposition of glucosinolates. *Phytochemistry* 67, 1053-1067.
- Bovšková, H., Miková, K., Panovská, Z., 2014. Evaluation of Egg Yolk Colour. *Czech J. Food Sci.* 32, 213-217.
- Božić-Ostojčić, L., Antunović, S., Vujčić, B., Martić, M., 2015. Industrial hemp—a plant of the past and the future, 8th International Scientific/Professional Conference, Agriculture in Nature and Environment Protection, Vukovar, Croatia, 1-3 June 2015, Croatian Soil Tillage Research Organization (CROSTRO), pp. 133-137.
- Brannon, C.A., 2009. Functional Foods, Part II: Fermented Foods & Macronutrients. *Nutritional Dimension*.
- Britton, G., Khachik, F., 2009. Carotenoids in food. *Carotenoids. Nutrition and Health* 5, 45-66.
- Budin, J.T., Breene, W.M., Putnam, D.H., 1995. Some compositional properties of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) seeds and oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 72, 309-315.
- Burley, R., Vadehra, D., 1989. *The Avian Egg: Chemistry and Biology*. Wiley Interscience, New York.
- Callaway, J., 2004. Hempseed as a nutritional resource: an overview. *Euphytica* 140, 65-72.
- Campbell, M., 2018. *Camelina—An Alternative Oil Crop, Biokerosene*, Springer, pp. 259-275.
- Carus, M., 2017. *The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs, seeds and flowers*, EIHA - European Industrial Hemp Association, pp. 1-9.
- Caston, L., Leeson, S., 1990. Research Note: Dietary Flax and Egg Composition. *Poultry Science* 69, 1617-1620.
- Caston, L., Squires, E., Leeson, S., 1994. Hen performance, egg quality, and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax. *Canadian Journal of Animal Science* 74, 347-353.
- Chanmugam, P., Boudreau, M., Boutte, T., Park, R.S., Hebert, J., Berrio, L., Hwang, D.H., 1992. Incorporation of Different Types of n-3 Fatty Acids Into Tissue Lipids of Poultry. *Poultry Science* 71, 516-521.
- Cheeke, P., Shull, L., 1985. *Natural toxicants in feeds and poisonous plants*. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 173-180.

- Cherian, G., Campbell, A., Parker, T., 2009. Egg quality and lipid composition of eggs from hens fed *Camelina sativa*. *The Journal of Applied Poultry Research* 18, 143-150.
- Cherian, G., Quezada, N., 2016. Egg quality, fatty acid composition and immunoglobulin Y content in eggs from laying hens fed full fat camelina or flax seed. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 7, 15.
- Chowdhury, S.D., Hassin, B.M., Das, S.C., Rashid, M.H., Ferdaus, A.J.M., 2008. Evaluation of Marigold Flower and Orange Skin as Sources of Xanthophyll Pigment for the Improvement of Egg Yolk Color. *The Journal of Poultry Science* 45, 265-272.
- Coorey, R., Novinda, A., Williams, H., Jayasena, V., 2015. Omega-3 Fatty Acid Profile of Eggs from Laying Hens Fed Diets Supplemented with Chia, Fish Oil, and Flaxseed. *Journal of Food Science* 80, 180-187.
- Corino, C., Magni, S., Pagliarini, E., Rossi, R., Pastorelli, G., Chiesa, L.M., 2002. Effects of dietary fats on meat quality and sensory characteristics of heavy pig loins. *Meat Science* 60, 1-8.
- Crespo, N., Esteve-Garcia, E., 2002. Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles. *Poultry Science* 81, 1533-1542.
- Cromack, H.T.H., Smith, J.M., 1998. *Calendula officinalis*—production potential and crop agronomy in southern England. *Industrial Crops and Products* 7, 223-229.
- Cruickshank, E.M., 1934. Studies in fat metabolism in the fowl: The composition of the egg fat and depot fat of the fowl as affected by the ingestion of large amounts of different fats. *Biochemical Journal* 28, 965-977.
- Cucco, M., Guasco, B., Malacarne, G., Ottonelli, R., 2007. Effects of β -carotene on adult immune condition and antibacterial activity in the eggs of the Grey Partridge, *Perdix perdix*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 147, 1038-1046.
- Cui, S., 2001. Flaxseed gum. In S. W. Cui (Ed.), *Polysaccharide gums from agricultural products*. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster PA.
- Cui, W., Mazza, G., Oomah, B., Biliaderis, C., 1994. Optimization of an aqueous extraction process for flaxseed gum by response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology* 27, 363-369.
- Cvejić, S., Marjanović-Jeromela, A., Vollmann, J., Jocić, S., Bogdanović, S., Miladinović, D., Imerovski, I., 2016. Značaj gajenja lanik (*Camelina*

- sativa L.) – novog izvora biljnih ulja, 57. Savetovanje Proizvodnja i prerada uljarica sa međunarodnim učešćem, pp. 51-68.
- Čolović, D., 2014. Ispitivanje uticaja procesa ekstrudiranja na dobijanje i stabilnost funkcionalnog hraniva za životinje na bazi lanenog semena., Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- Čolović, D., Lević, J., Čabarkapa, I., Čolović, R., Lević, L., Sedej, I., 2015a. Stability of an extruded, linseed-based functional feed additive with the supplementation of vitamin E and carvacrol. *Journal of Animal and Feed Sciences* 24, 348-357.
- Čolović, D.S., Lević, J.D., Čolović, R.R., Lević, L.B., Banjac, V.V., Rakita, S.M., Đuragić, O.M., 2015b. Reduction of cyanogenic glycosides by extrusion-influence of temperature and moisture content of the processed material. *Acta Periodica Technologica* 46, 19-27.
- Dalle Zotte, A., Andrighetto, I., Giaccone, V., Marchesini, G., 2015. Dietary enrichment of n-3 PUFA for laying hens: effect of different sources on production, composition and quality of eggs. *Animal Science Papers & Reports* 33, 411-424.
- De Gómez Dumm, I.N., Brenner, R.R., 1975. Oxidative desaturation of α -linolenic, linoleic, and stearic acids by human liver microsomes. *Lipids* 10, 315-317.
- Delgado-Vargas, F., Paredes-López, O., Avila-González, E., 1998. Effects of sunlight illumination of marigold flower meals on egg yolk pigmentation. *Journal of agricultural and food chemistry* 46, 698-706.
- Dennis, J.E., Xiao, S.-Q., Agarwal, M., Fink, D.J., Heuer, A.H., Caplan, A.I., 1996. Microstructure of matrix and mineral components of eggshells from White Leghorn chickens (*Gallus gallus*). *Journal of Morphology* 228, 287-306.
- Dimić, E., 2005. Hladno ceđena ulja. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Đorđević, N., Dinić, B., 2011. Proizvodnja smeša koncentrata za životinje. Institut za krmno bilje, Kruševac, "Kosmos" Beograd.
- Đurišić, S., Milić-Lemić, A., Obradović-Đuričić, K., Popović, O., 2007. Instrumentalno određivanje boje zuba u protetskoj rekonstrukciji. *Stomatološki Glasnik Srbije* 54, 240-247.
- Efsa Panel on Additives Products or Substances used in Animal Feed, 2014. Scientific opinion on the safety and efficacy of canthaxanthin as a feed additive for poultry and for ornamental birds and ornamental fish. *EFSA Journal* 12, 3527-n/a.
- European Food Safety, A., 2008. Glucosinolates as undesirable substances in animal feed - Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA Journal* 6, 1-76.

- FAO, 2010. Poultry Meat & Eggs, Agribusiness handbook, <http://www.fao.org/docrep/012/al175e/al175e.pdf>, pristupljeno poslednji put jula 2018.
- FAO, 2015. Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-egg-facts-en.pdf>, pristupljeno jula 2018.
- FAO, 2018. Food and Agriculture Organization <http://www.fao.org/faostat/en/#data>, pristupljeno poslednji put jula 2018.
- Faulks, R.M., Southon, S., 2005. Challenges to understanding and measuring carotenoid bioavailability. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease* 1740, 95-100.
- Fenwick, G.R., Heaney, R.K., Mullin, W.J., VanEtten, C.H., 1983. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 18, 123-201.
- Fernández-García, E., Carvajal-Lérída, I., Jarén-Galán, M., Garrido-Fernández, J., Pérez-Gálvez, A., Hornero-Méndez, D., 2012. Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. *Food Research International* 46, 438-450.
- Ferrante, V., Baroli, D., Marelli, S., Mangiagalli, M.G., Cavalchini, L.G., 2003. Effect of tomato by-product diet supplementation on egg yolk colour. *Italian Journal of Animal Science* 2, 459-461.
- Ferrier, L.K., Caston, L.J., Leeson, S., Squires, J., Weaver, B.J., Holub, B.J., 1995. α -Linolenic acid-and docosahexaenoic acid-enriched eggs from hens fed flaxseed: influence on blood lipids and platelet phospholipid fatty acids in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition* 62, 81-86.
- Finta-Korpel'ová, Z., Berenji, J., 2007. Trends and achievements in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Bulletin for Hops, Sorghum & Medicinal Plants* 39, 63-75.
- Fletcher, D.L., Halloran, H.R., 1983. Egg Yolk Pigmenting Properties of a Marigold Extract and Paprika Oleoresin in a Practical Type Diet. *Poultry Science* 62, 1205-1210.
- Folch, J., Lees, M., Sloane Stanley, G., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226, 497-509.
- Fraeye, I., Bruneel, C., Lemahieu, C., Buyse, J., Muylaert, K., Foubert, I., 2012. Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids: A review. *Food Research International* 48, 961-969.

- Francis, A., Warwick, S., 2009. The biology of Canadian weeds. 142. *Camelina alyssum* (Mill.) Thell.; *C. microcarpa* Andr. ex DC.; *C. sativa* (L.) Crantz. Canadian Journal of Plant Science 89, 791-810.
- Francis, C., Campbell, M., 2003. New high quality oil seed crops for temperate and tropical Australia. Rural Industries Research and Development Corporation Publication No. 03/045, 1-27.
- Gadžo, D., Đikić, M., Mijić, A., 2011. Industrijsko bilje (Industrial Plants). Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
- Gakhar, N., Goldberg, E., Jing, M., Gibson, R., House, J., 2012. Effect of feeding hemp seed and hemp seed oil on laying hen performance and egg yolk fatty acid content: Evidence of their safety and efficacy for laying hen diets. Poultry Science 91, 701-711.
- Galobart, J., Barroeta, A.C., Baucells, M.D., Codony, R., Ternes, W., 2001. Effect of Dietary Supplementation with Rosemary Extract and α -Tocopheryl Acetate on Lipid Oxidation in Eggs Enriched with ω 3-Fatty Acids. Poultry Science 80, 460-467.
- Galobart, J., Barroeta, A.C., Cortinas, L., Baucells, M.D., Codony, R., 2002. Accumulation of alpha-tocopherol in eggs enriched with omega3 and omega6 polyunsaturated fatty acids. Poultry Science 81, 1873-1876.
- Galobart, J., Sala, R., Rincón-Carruyo, X., Manzanilla, E., Vila, B., Gasa, J., 2004. Egg yolk color as affected by saponification of different natural pigmenting sources. Journal of applied poultry research 13, 328-334.
- Gaosong, J., Vasanthan, T., 2000. Effect of extrusion cooking on the primary structure and water solubility of β -glucans from regular and waxy barley. Cereal Chemistry 77, 396-400.
- Gebauer, S.K., Psota, T.L., Harris, W.S., Kris-Etherton, P.M., 2006. n-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. The American Journal of Clinical Nutrition 83, 1526S-1535S.
- Gerosa, S., Skoet, J., 2012. Milk availability: trends in production and demand and medium-term outlook. FAO Corporate Document Repository 12, 1-40.
- Gladine, C., Morand, C., Rock, E., Gruffat, D., Bauchart, D., Durand, D., 2007. The antioxidative effect of plant extracts rich in polyphenols differs between liver and muscle tissues in rats fed n-3 PUFA rich diets. Animal Feed Science and Technology 139, 257-272.
- Goldberg, E.M., Gakhar, N., Ryland, D., Aliani, M., Gibson, R.A., House, J.D., 2012. Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs

- from laying hens fed hempseed and hempseed oil. *Journal of Food Science* 77, S153-S160.
- Gonzalez-Esquerria, R., Leeson, S., 2000. Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poultry Science* 79, 1597-1602.
- Gonzalez-Esquerria, R., Leeson, S., 2001. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Canadian Journal of Animal Science* 81, 295-305.
- González, M., Castaño, E., Avila, E., González de Mejía, E., 1999. Effect of capsaicin from red pepper (*Capsicum* sp) on the deposition of carotenoids in egg yolk. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79, 1904-1908.
- Grashorn, M., Steinberg, W., 2002. Deposition rates of canthaxanthin in egg yolks. *Archiv für Geflügelkunde* 66, 258-262.
- Grashorn, M.A., 2005. Enrichment of eggs and poultry meat with biologically active substances by feed modifications and effects on the final quality of the product. *Polish journal of food and nutrition sciences* 14/55, 15-20.
- Grčević, M., Gajčević-Kralik, Z., Kralik, G., Ivanković, S., 2011. Kokošje jaje kao funkcionalna namirnica. *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme* 53, 93-100.
- Grobas, S., Méndez, J., Lázaro, R., de Blas, C., Mateo, G.G., 2001. Influence of Source and Percentage of Fat Added to Diet on Performance and Fatty Acid Composition of Egg Yolks of Two Strains of Laying Hens. *Poultry Science* 80, 1171-1179.
- Gurbuz, Y., Yasar, S., Karaman, M., 2003. Effects of addition of the red pepper from 4th harvest to corn or wheat based diets on egg-yolk colour and egg production in laying hens. *Int. J. Poult. Sci* 2, 107-111.
- Hadley, M., Lacher, C., Mitchel-Fetch, J., 1992. Fibre in flaxseed, *Proceedings of the 54th Flax Institute of United States, Flax Institute of United States, Fargo*, pp. 79-83.
- Hamelin, C., Altemueller, U., 2012. The effect of carotenoids on yolk and skin pigmentation. *World Poult* 8, <http://www.worldpoultry.net/Broilers/Nutrition/2012/2018/The-effect-of-carotenoids-on-yolk-and-skin-pigmentation-WP010752W>
- Hamilton, P.B., Tirado, F.J., Garcia-Hernandez, F., 1990. Deposition in Egg Yolks of the Carotenoids from Saponified and Unsaponified Oleoresin of Red Pepper (*Capsicum annum*) Fed to Laying Hens. *Poultry Science* 69, 462-470.

- Hammershøj, M., Kidmose, U., Steinfeldt, S., 2010. Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of coloured carrot (*Daucus carota*) varieties as forage material for egg-laying hens. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90, 1163-1171.
- Hargis, P.S., Van Elswyk, M.E., 1993. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *World's Poultry Science Journal* 49, 251-264.
- Hasin, B., Ferdaus, A., Islam, M., Uddin, M., Islam, M., 2006. Marigold and orange skin as egg yolk color promoting agents. *International Journal of Poultry Science* 5, 979-987.
- Hayat, Z., Cherian, G., Pasha, T., Khattak, F., Jabbar, M., 2010a. Sensory evaluation and consumer acceptance of eggs from hens fed flax seed and 2 different antioxidants. *Poultry Science* 89, 2293-2298.
- Hayat, Z., Cherian, G., Pasha, T.N., Khattak, F.M., Jabbar, M.A., 2009. Effect of feeding flax and two types of antioxidants on egg production, egg quality, and lipid composition of eggs. *The Journal of Applied Poultry Research* 18, 541-551.
- Hayat, Z., Cherian, G., Pasha, T.N., Khattak, F.M., Jabbar, M.A., 2010b. Oxidative stability and lipid components of eggs from flax-fed hens: Effect of dietary antioxidants and storage. *Poultry Science* 89, 1285-1292.
- Hernandez, J., 2005. European consumer surveys about egg quality: How to improve the nutritional value, XIth European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, pp. 23-26.
- Hester, P., 2016. *Egg Innovations and Strategies for Improvements*. Academic Press.
- Higdon, J.V., Delage, B., Williams, D.E., Dashwood, R.H., 2007. Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiologic evidence and mechanistic basis. *Pharmacological Research* 55, 224-236.
- Hodges, J., 2009. Emerging boundaries for poultry production: challenges, dangers and opportunities. *World's Poultry Science Journal* 65, 5-22.
- Hulshof, P.J.M., Kosmeijer-Schuil, T., West, C.E., Hollman, P.C.H., 2007. Quick screening of maize kernels for provitamin A content. *Journal of Food Composition and Analysis* 20, 655-661.
- Irاندoust, H., Ahn, D.U., 2015. Influence of soy oil source and dietary supplementation of vitamins E and C on the oxidation status of serum and egg yolk, and the lipid profile of egg yolk. *Poultry Science* 94, 2763-2771.
- Jayappriyan, K.R., Rajkumar, R., Venkatakrisnan, V., Nagaraj, S., Rengasamy, R., 2013. In vitro anticancer activity of natural β -carotene

- from *Dunaliella salina* EU5891199 in PC-3 cells. *Biomedicine & Preventive Nutrition* 3, 99-105.
- Jensen, S.K., Liu, Y.-G., Eggum, B.O., 1995. The effect of heat treatment on glucosinolates and nutritional value of rapeseed meal in rats. *Animal Feed Science and Technology* 53, 17-28.
- Jiang, Y., McGeachin, R., Bailey, C., 1994. α -Tocopherol, β -carotene, and retinol enrichment of chicken eggs. *Poultry Science* 73, 1137-1143.
- Jiang, Z., Ahn, D.U., Ladner, L., Sim, J.S., 1992. Influence of Feeding Full-Fat Flax and Sunflower Seeds on Internal and Sensory Qualities of Eggs. *Poultry Science* 71, 378-382.
- Jiang, Z., Ahn, D.U., Sim, J.S., 1991. Effects of Feeding Flax and Two Types of Sunflower Seeds on Fatty Acid Compositions of Yolk Lipid Classes. *Poultry Science* 70, 2467-2475.
- Johns, D., 1986. Egg yolk pigmenting properties of lucerne leaf protein concentrate and paprika in a maize based diet. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 29, 677-679.
- Jurić, V., Jajić, I., Bursić, V., Jurić, J., 2005. Usability and nutritive value of eggs. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta* 29, 138-145.
- Kagale, S., Koh, C., Nixon, J., Bollina, V., Clarke, W.E., Tuteja, R., Spillane, C., Robinson, S.J., Links, M.G., Clarke, C., Higgins, E.E., Huebert, T., Sharpe, A.G., Parkin, I.A.P., 2014. The emerging biofuel crop *Camelina sativa* retains a highly undifferentiated hexaploid genome structure. *Nature Communications* 5, 1-11.
- Kakani, R., Fowler, J., Ul Haq, A., Murphy, J.E., Rosenberger, A.T., Berhow, M., Bailey, A.C., 2012. *Camelina* Meal Increases Egg n-3 Fatty Acid Content Without Altering Quality or Production in Laying Hens. *Lipids* 47, 519-526.
- Karadas, F., Grammenidis, E., Surai, P., Acamovic, T., Sparks, N., 2006. Effects of carotenoids from lucerne, marigold and tomato on egg yolk pigmentation and carotenoid composition. *British poultry science* 47, 561-566.
- Karlović, Đ., Andrić, N., 1996. *Kontrola kvaliteta semena uljarica*. Tehnološki fakultet, Novi Sad, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, Serbia.
- Kennedy, A., Martinez, K., Chuang, C.-C., LaPoint, K., McIntosh, M., 2009. Saturated Fatty Acid-Mediated Inflammation and Insulin Resistance in Adipose Tissue: Mechanisms of Action and Implications. *The Journal of Nutrition* 139, 1-4.
- Kerep, G., Škrčić, Z., Kralik, G., Kralik, Z., Križek, I., Grčević, M., 2012. Lutein in hens nutrition. *Krmiva* 54 (5), 189-194.

- Kim, E.-J., 2014. The Dietary Effects of Marigold Extracts on Egg Production, Egg Quality and the Production of Lutein Fortified Chicken Eggs. *Korean Journal of Poultry Science* 41, 135-142.
- Kirubakaran, A., Narahari, D., Ezhil Valavan, T., Sathish Kumar, A., 2011. Effects of flaxseed, sardines, pearl millet, and holy basil leaves on production traits of layers and fatty acid composition of egg yolks. *Poultry Science* 90, 147-156.
- Kishimoto, S., Maoka, T., Sumitomo, K., Ohmiya, A., 2005. Analysis of Carotenoid Composition in Petals of *Calendula officinalis* L.). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 69, 2122-2128.
- Kivini, H., Järvenpää, E.P., Aro, H., Huopalahti, R., Ryhänen, E.-L., 2004. Qualitative and Quantitative Liquid Chromatographic Analysis Methods for the Determination of the Effects of Feed Supplements on Hen Egg Yolk Phospholipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, 4289-4295.
- Klein, J., Zikeli, S., Claupein, W., Gruber, S., 2017. Linseed (*Linum usitatissimum*) as an oil crop in organic farming: abiotic impacts on seed ingredients and yield. *Organic Agriculture* 7, 1-19.
- Kloss, P., Jeffery, E., Wallig, M., Tumbleson, M., Parsons, C., Johnson, L., Reuber, M., 1994. Efficacy of Feeding Glucosinolate-Extracted Crambe Meal to Broiler Chicks. *Poultry Science* 73, 1542-1551.
- Kluenter, A., Devaud, A., Schierle, J., Blanch, A., 1998. The efficiency in egg yolk pigmentation of apo-ester vs. *Tagetes xanthophylls* with different lutein/zeaxanthin ratio, *Proceedings of the 10th Eur. Poult. Conf.*, Jerusalem, Israel, pp. 165-170.
- Kljak, K., Drdić, M., Karolyi, D., Grbeša, D., 2012. Pigmentation efficiency of Croatian corn hybrids in egg production. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* 7, 23-27.
- Konica, M., 2007. Precise colour communication - Colour control from perception to instrumentation. *Konica Minolta Sensing Inc.*, Japan.
- Korsrud, G., Keith, M., Bell, J., 1978. A comparison of the nutritional value of crambe and camelina seed meals with egg and casein. *Canadian Journal of Animal Science* 58, 493-499.
- Kotilainen, L., R. Rajalahti, C. Ragasa, E. Pehu, 2006. Health enhancing foods: opportunities for strengthening the sector in developing countries. *Agriculture and Rural Development Discussion Paper* 30.
- Kralik, G., Kušec, G., Grčević, M., Đurkin, I., Kralik, I., 2012. Animal products as conventional and functional food-an overview. *Acta agriculturae Slovenica, Supplement* 3, 17-25.

- Kralik, G., Škrtić, Z., Suchý, P., Straková, E., Gajčević, Z., 2008. Feeding Fish Oil and Linseed Oil to Laying Hens to Increase the n-3 PUFA in Egg Yolk. *Acta Veterinaria Brno* 77, 561-568.
- Kralik, G., Tolušić, Z., Gajčević, Z., Kralik, I., Hanžek, D., 2006. Commercial quality evaluation of different weight grade eggs. *Acta Agraria Kaposváriensis* 10, 199-205.
- Kralik, I., Kralik, Z., Zelić, S., 2014. Preferencije potrošača konzumnih jaja, 49th Croatian and 9th International Symposium on Agriculture, Poljoprivredni fakultet, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, pp. 156-160.
- Kralik, Z., Lovreković, M., 2018. Utjecaj hranidbe na kvalitetu i obogaćivanje jaja funkcionalnim sastojcima. *MESO* 20, 58-65.
- Kuč, R., 2001. Masne kiseline - osvrt na ω -3 masne kiseline i njihov značaj u ishrani, IX Simpozijum Tehnologije stočne hrane, Tehnološki fakultet, Novi Sad, pp. 55-64.
- Laca, A., Paredes, B., Diaz, M., 2009. Quality characteristics of n-3 polyunsaturated fatty acid-enriched eggs. *Journal of Animal and Feed Sciences* 18, 101-112.
- Lai, S.-M., Gray, J.I., Flegal, C.J., Cooper, T., 1996. Deposition of Carotenoids in Eggs from Hens Fed Diets Containing Saponified and Unsaponified Oleoresin Paprika. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 72, 166-170.
- Lange, R., Schumann, W., Petrzika, M., Busch, H., Marquard, R., 1995. Glucosinolates in linseed dodder. *Fett Wissenschaft Technologie-Fat Science Technology* 97, 146-152.
- Latif, S., Anwar, F., 2009. Physicochemical studies of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil using enzyme-assisted cold-pressing. *European Journal of Lipid Science and Technology* 111, 1042-1048.
- Laudadio, V., Ceci, E., Lastella, N.M.B., Introna, M., Tufarelli, V., 2014. Low-fiber alfalfa (*Medicago sativa* L.) meal in the laying hen diet: Effects on productive traits and egg quality. *Poultry Science* 93, 1868-1874.
- Leeson, S., Caston, L., 2004. Enrichment of Eggs with Lutein. *Poultry Science* 83, 1709-1712.
- Leizer, C., Ribnicky, D., Poulev, A., Dushenkov, S., Raskin, I., 2000. The Composition of Hemp Seed Oil and Its Potential as an Important Source of Nutrition. *Journal of Nutraceuticals, Functional & Medical Foods* 2, 35-53.
- Lemahieu, C., Bruneel, C., Ryckebosch, E., Muylaert, K., Buyse, J., Foubert, I., 2015. Impact of different omega-3 polyunsaturated fatty

- acid (n-3 PUFA) sources (flaxseed, *Isochrysis galbana*, fish oil and DHA Gold) on n-3 LC-PUFA enrichment (efficiency) in the egg yolk. *Journal of Functional Foods* 19, 821-827.
- Li, H., Jin, L., Wu, F., Thacker, P., Li, X., You, J., Wang, X., Liu, S., Li, S., Xu, Y., 2012. Effect of Red Pepper (*Capsicum frutescens*) Powder or Red Pepper Pigment on the Performance and Egg Yolk Color of Laying Hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25, 1605-1610.
- Lokaewmanee, K., Yamauchi, K.-e., Komori, T., Saito, K., 2010. Effects on egg yolk colour of paprika or paprika combined with marigold flower extracts. *Italian Journal of Animal Science* 9, 356-359.
- Lopez-Ferrer, S., Baucells, M.D., Barroeta, A.C., Grashorn, M.A., 1999. n-3 enrichment of chicken meat using fish oil: alternative substitution with rapeseed and linseed oils. *Poultry Science* 78, 356-365.
- Lu, X., Clarke, R.C., 1995. The cultivation and use of hemp (*Cannabis sativa* L.) in ancient China. *Journal of the International Hemp Association* 2, 26-30.
- Lukačević, I., 2016. Industrijska konoplja - morfološka obilježja, uzgoj i uporaba, Bilinogojstvo, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
- Mack, S., Hoffmann, D., Otte, J., 2005. The contribution of poultry to rural development. *World's Poultry Science Journal* 61, 7-14.
- Maddock, T.D., Anderson, V.L., Lardy, G., 2005. Using flax in livestock diets, NDSU Extension Service, North Dakota State University Fargo.
- Markovic, G., Lujic, J., Pantovic, J., Radovanovic, M., Maskovic, P., 2014. Biljna ulja u ishrani riba 19. Savetovanje o biotehnologiji Faculty of Agronomy, Čačak, pp. 435-439.
- Mattioli, S., Ruggeri, S., Sebastiani, B., Brecchia, G., Dal Bosco, A., Cartoni Mancinelli, A., Castellini, C., 2017. Performance and egg quality of laying hens fed flaxseed: highlights on n-3 fatty acids, cholesterol, lignans and isoflavones. *Animal* 11, 705-712.
- 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. *Poultry Science* 79, 539-545.
- Meluzzi, A., Sirri, F., Tallarico, N., Franchini, A., 2001. Effect of different vegetable lipid sources on the fatty acid composition of egg yolk and on hen performance. *Archiv für Geflügelkunde* 65, 207-213.
- Mihoci, M., 2015. Spektrofotometrijsko određivanje boje. *Osvrti, Kem Ind* 64, 683-685.
- Mine, Y., 2008. Egg bioscience and biotechnology. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.

- Mineki, M., Kobayashi, M., 1997. Microstructure of Yolk from Fresh Eggs by Improved Method. *Journal of Food Science* 62, 757-761.
- Mladenov, V., Marjanović-Jaromela, A., Cvejić, S., Banjac, B., Vollmann, J., Jocić, S., Miladinović, D., 2017. Preliminary characterization of *Camelina sativa* L. for the future breeding in Serbia. *Selekcija i semenarstvo* 23, 57-67.
- Moeini, M.M., Ghazi, S.H., Sadeghi, S., Malekizadeh, M., 2013. The effect of red pepper (*Capsicum annuum*) and marigold flower (*Tagetes erectus*) powder on egg production, egg yolk color and some blood metabolites of laying hens. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 3, 301-305.
- Monira, K., Salahuddin, M., Miah, G., 2003. Effect of breed and holding period on egg quality characteristics of chicken. *International Journal of Poultry Science* 2, 261-263.
- MSZ-08-1908, 1989. Determination of the glucosinolate content of rapeseeds and rapeseed meals. Magyar köztársaság Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Ágazati Szabvány, MSZH Nyomda és Kiadó Kft: Budapest.
- Na, J.C., Song, J.Y., Lee, B.D., Lee, S.J., Lee, C.Y., An, G.H., 2004. Effect of polarity on absorption and accumulation of carotenoids by laying hens. *Animal Feed Science and Technology* 117, 305-315.
- Nain, S., Renema, R.A., Korver, D.R., Zuidhof, M.J., 2012. Characterization of the n-3 polyunsaturated fatty acid enrichment in laying hens fed an extruded flax enrichment source. *Poultry Science* 91, 1720-1732.
- Narahari, D., 2001. Features-Nutritionally Enriched Eggs-Feed additives to reduce egg cholesterol. *Poultry international* 40, 22-31.
- Neijat, M., Gakhar, N., Neufeld, J., House, J.D., 2014. Performance, egg quality, and blood plasma chemistry of laying hens fed hempseed and hempseed oil. *Poultry Science* 93, 2827-2840.
- Neijat, M., Suh, M., Neufeld, J., House, J.D., 2016. Hempseed Products Fed to Hens Effectively Increased n-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Total Lipids, Triacylglycerol and Phospholipid of Egg Yolk. *Lipids* 51, 601-614.
- Newkirk, R., 2015. Flax Feed Industry Guide. Flax Canada 2015, Winnipeg, MB, Canada, 1-24.
- Nicolle, C., Simon, G., Rock, E., Amouroux, P., Rémésy, C., 2004. Genetic variability influences carotenoid, vitamin, phenolic, and mineral content in white, yellow, purple, orange, and dark-orange carrot cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129, 523-529.

- Niu, Z., Fu, J., Gao, Y., Liu, F., 2008. Influence of paprika extract supplement on egg quality of laying hens fed wheat-based diet. *International Journal of Poultry Science* 7, 887-889.
- Nys, Y., 2000. Dietary carotenoids and egg yolk coloration-a review. *Archiv für Geflügelkunde* 64, 45-54.
- Nys, Y., Hincke, M., Arias, J., Garcia-Ruiz, J., Solomon, S., 1999. Avian eggshell mineralization. *Poultry and Avian Biology Reviews* 10, 143-166.
- Oliveira, D.D., Baião, N.C., Cançado, S.V., Grimaldi, R., Souza, M.R., Lara, L.J.C., Lana, A.M.Q., 2010. Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks *Poultry Science* 89, 2484-2490.
- Oloyede, O.I., Ikuelogbon, A.O., 2004. Cholesterol content and functional properties of products fractionated from egg yolk. *Biokemistri* 16, 43-48.
- Olson, J.B., Ward, N.E., Koutsos, E.A., 2008. Lycopene Incorporation into Egg Yolk and Effects on Laying Hen Immune Function. *Poultry Science* 87, 2573-2580.
- Oomah, B.D., Busson, M., Godfrey, D.V., Drover, J.C., 2002. Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Food Chemistry* 76, 33-43.
- Oomah, B.D., Mazza, G., Kenaschuk, E.O., 1992. Cyanogenic compounds in flaxseed. *Journal of agricultural and food chemistry* 40, 1346-1348.
- Pandey, R.N., Kush, A.K., Misra, D., 1981. Hydrocyanic acid content, a biochemical marker for reactions to powdery mildew in linseed. *Current Science* 50, 902-904.
- Pappas, A.C., Acamovic, T., Sparks, N.H.C., Surai, P.F., McDevitt, R.M., 2005. Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. *Poultry Science* 84, 865-874.
- Pavlovski, Z., Škrbić, Z., Lukić, M., Krnjaja, V., Bijelić, Z., Trenkovski, S., 2010. Tehnologija proizvodnje jaja sa slobodnog ispusta posebnog i garantovanog kvaliteta. *Biotechnology in Animal Husbandry* 26, 55-66.
- Pérez-Bonilla, A., Frikha, M., Mirzaie, S., García, J., Mateos, G.G., 2011. Effects of the main cereal and type of fat of the diet on productive performance and egg quality of brown-egg laying hens from 22 to 54 weeks of age. *Poultry Science* 90, 2801-2810.

- Pérez-Gálvez, A., Mínguez-Mosquera, M.I., 2005. Esterification of xanthophylls and its effect on chemical behavior and bioavailability of carotenoids in the human. *Nutrition Research* 25, 631-640.
- Perić, L., Rodić, V., Milošević, N., 2011. Production of poultry meat and eggs as functional food: challenges and opportunities. *Biotechnology in Animal Husbandry* 27, 511-520.
- Phan-Thi, H., Durand, P., Prost, M., Prost, E., Waché, Y., 2016. Effect of heat-processing on the antioxidant and prooxidant activities of β -carotene from natural and synthetic origins on red blood cells. *Food Chemistry* 190, 1137-1144.
- Pisulewski, P.M., 2005. Nutritional potential for improving meat quality in poultry. *Animal Science Papers and Reports* 23, 303-315.
- Popovic, S.J., Kostadinovic, L.M., Spasevski, N.J., Levic, J.D., 2015. Development and validation of HPLC method for determination of DL- α -tocopherol in egg yolk. *Agro FOOD Industry Hi Tech* 26, 16-19.
- Popović, V., Sikora, V., Vučković, S., Glamočlija, Đ., Ugrenović, V., Filipović, V., Brdar Jokanović, M., 2016. Proizvodnja lana u svetu i prikaz produktivnih karakteristika novosadskog uljanog lana, "Proizvodnja i plasman lekovitog, začinskog i aromatičnog bilja" pp. 15-17.
- Quezada, N., Cherian, G., 2012. Lipid characterization and antioxidant status of the seeds and meals of *Camelina sativa* and flax. *European Journal of Lipid Science and Technology* 114, 974-982.
- Raal, A., Kirsipuu, K., Must, R., Tenno, S., 2009. Content of total carotenoids in *Calendula officinalis* L. from different countries cultivated in Estonia. *Natural product communications* 4, 35-38.
- Rabrenović, B.B., Dimić, E.B., Novaković, M.M., Tešević, V.V., Basić, Z.N., 2014. The most important bioactive components of cold pressed oil from different pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds. *LWT - Food Science and Technology* 55, 521-527.
- Rabrenović, B.B., Vujasinović, V.B., Novaković, M.M., Čorbo, S.Č., Basić, Z.N., 2016. Usporedni prikaz nutritivne vrednosti hladno presovanih ulja semena tikve (*Cucurbita pepo* L.) različitog porekla. *Hemijska Industrija* 70, 59-65.
- Radojčić Redovniković, I., Glivetić, T., Delonga, K., Vorkapić-Furač, J., 2008. Glucosinolates and their potential role in plant. *Periodicum biologorum* 110, 297-309.
- Radovanović, R., Popov-Raljić, J., 2001. Senzorna analiza prehrambenih proizvoda. Tehnološki fakultet Novi Sad.

- Rakonjac, S., Bogosavljević-Bošković, S., Pavlovski, Z., Škrbić, Z., Dusković, V., Petrović, M., Petričević, V., 2014. Laying hen rearing systems: A review of major production results and egg quality traits. *World's Poultry Science Journal* 70, 93-104.
- Ramawat, K.G., Merillon, J.M., 2013. *Natural Products*. Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes. Springer Berlin Heidelberg.
- Rawson, J.M., 2011. Hemp as an agricultural commodity. DIANE Publishing.
- Rizzi, C., Chiericato, G.M., 2005. Organic farming production. Effect of age on the productive yield and egg quality of hens of two commercial hybrid lines and two local breeds. *Italian Journal of Animal Science* 4, 160-162.
- Rizzi, L., Bochicchio, D., Bargellini, A., Parazza, P., Simioli, M., 2009. Effects of dietary microalgae, other lipid sources, inorganic selenium and iodine on yolk n-3 fatty acid composition, selenium content and quality of eggs in laying hens. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89, 1775-1781.
- Roberfroid, M., 2002. Global view on functional foods: European perspectives. *British Journal of Nutrition* 88, S133-S138.
- Roberts, J.R., 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *The Journal of Poultry Science* 41, 161-177.
- Rodić, V., Perić, L., Pavlovski, Z., Milošević, N., 2010. Improving the poultry sector in Serbia: major economic constraints and opportunities. *World's Poultry Science Journal* 66, 241-250.
- Rokka, T., Alén, K., Valaja, J., Ryhänen, E.L., 2002. The effect of a *Camelina sativa* enriched diet on the composition and sensory quality of hen eggs. *Food Research International* 35, 253-256.
- Rowghani, E., Maddahian, A., Abousadi, M.A., 2006. Effects of addition of marigold flower, safflower petals, red pepper on egg-yolk color and egg production in laying hens. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9, 1333-1337.
- Russo, G.L., 2009. Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochemical Pharmacology* 77, 937-946.
- RZS, 2014. Republički zavod za statistiku. <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2014/pdfE/G20142013.pdf>, pristupljeno poslednji put jula 2018.

- RZS, 2017. Republički zavod za statistiku, Statistički godišnjak Srbije. <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2017/pdf/G20172022.pdf>, pristupljeno poslednji put jula 2018.
- RZS, 2018a. Republički zavod za statistiku, Mesečni statistički bilten, maj 2018. <http://publikacije.stat.gov.rs/G2018/Pdf/G20183008.pdf>, pristupljeno poslednji put jula 2018.
- RZS, 2018b. Republički zavod za statistiku, Statistika poljoprivrede. Saopštenje PO12 br.032, <http://publikacije.stat.gov.rs/G2018/Pdf/G20181032.pdf>, pristupljeno poslednji put jula 2018.
- Salma, U., Miah, A.G., Tareq, K.M.A., Maki, T., Tsujii, H., 2007. Effect of Dietary *Rhodobacter capsulatus* on Egg-Yolk Cholesterol and Laying Hen Performance. *Poultry Science* 86, 714-719.
- 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, 548-553.
- Sandeski, L.M., Ponsano, E.H.G., Neto, M.G., 2014. Optimizing xanthophyll concentrations in diets to obtain well-pigmented yolks. *The Journal of Applied Poultry Research* 23, 409-417.
- Santos-Bocanegra, E., Ospina-Osorio, X., Oviedo-Rondón, E., 2004. Evaluation of xanthophylls extracted from *Tagetes erectus* (Marigold flower) and *Capsicum Sp.*(Red pepper paprika) as a pigment for egg-yolks compare with Synthetic pigments. *International Journal of Poultry Science* 3, 685-689.
- Sausserde, R., Kampuss, K., 2014. Composition of carotenoids in *Calendula* (*Calendula officinalis* L.) Flowers, 9th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food for Consumer Well-Being" FOODBALT 2014, Latvia University of Agriculture Faculty of Food Technology, Jelgava, pp. 13-18.
- Saxena, I., Tayyab, S., 1997. Protein proteinase inhibitors from avian egg whites. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS* 53, 13-23.
- Scheideler, S., Cuppett, S., Froning, G., 1994. Dietary flaxseed for poultry: production effects, dietary vitamin levels, fatty acid incorporation into eggs and sensory analysis. *Proceedings of 55th Flax Institute (Flaxseed utilization in poultry rations and related nutritional studies)*, Fargo, North Dakota, 87-95.
- Scheideler, S.E., Froning, G.W., 1996. The Combined Influence of Dietary Flaxseed Variety, Level, Form, and Storage Conditions on Egg Production and Composition Among Vitamin E-Supplemented Hens. *Poultry Science* 75, 1221-1226.
- Schlatterer, J., Breithaupt, D.E., 2006. Xanthophylls in commercial egg yolks: quantification and identification by HPLC and LC-(APCI) MS

- using a C30 phase. *Journal of agricultural and food chemistry* 54, 2267-2273.
- Schuster, A., Friedt, W., 1998. Glucosinolate content and composition as parameters of quality of *Camelina* seed. *Industrial Crops and Products* 7, 297-302.
- Shahsavari, K., 2014. Influence of Different Sources of Natural Pigmenting on Egg Quality and Performance of Laying Hens. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 10, 786-795.
- Sharma, A., Belna, J., Espat, J., Rodriguez, G., Cannon, V.T., Hurteau, J.A., 2009. Effects of omega-3 fatty acids on components of the transforming growth factor beta-1 pathway: implication for dietary modification and prevention in ovarian cancer. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 200, 516. e511-516. e516.
- Shim, Y.Y., Gui, B., Arnison, P.G., Wang, Y., Reaney, M.J.T., 2014. Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) bioactive compounds and peptide nomenclature: A review. *Trends in Food Science & Technology* 38, 5-20.
- Sikder, A., Chowdhury, S., Rashid, M., Sarker, A., Das, S., 1998. Use of dried carrot meal (DCM) in laying hen diet for egg yolk pigmentation. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 11, 239-244.
- Silversides, F.G., Lefrançois, M.R., 2005. The effect of feeding hemp seed meal to laying hens. *British poultry science* 46, 231-235.
- Simopoulos, A.P., 2001. Evolutionary aspects of diet, essential fatty acids and cardiovascular disease. *European Heart Journal Supplements* 3, D8-D21.
- Simopoulos, A.P., 2002. Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 11, S163-S173.
- Simopoulos, A.P., 2009. Evolutionary aspects of the dietary omega-6: Omega-3 fatty acid ratio: Medical implications, *A Balanced Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio, Cholesterol and Coronary Heart Disease*, Karger Publishers, pp. 1-21.
- Sirri, F., Iaffaldano, N., Minelli, G., Meluzzi, A., Rosato, M., Franchini, A., 2007. Comparative Pigmentation Efficiency of High Dietary Levels of Apo-Ester and Marigold Extract on Quality Traits of Whole Liquid Egg of Two Strains of Laying Hens. *The Journal of Applied Poultry Research* 16, 429-437.
- Skřivan, M., Englmaierová, M., 2014. The deposition of carotenoids and α -tocopherol in hen eggs produced under a combination of sequential feeding and grazing. *Animal Feed Science and Technology* 190, 79-86.

- Skřivan, M., Englmaierova, M., Skřivanová, E., Bubancova, I., 2015. Increase in lutein and zeaxanthin content in the eggs of hens fed marigold flower extract. *Czech Journal of Animal Science* 60, 89-96.
- Sloan, A.E., 2004. The top 10 functional food trends 2004. *Food Technology* 58, 28-51.
- Small, E., Marcus, D., 2002. Hemp: a new crop with new uses for North America. *Trends in new crops and new uses*, 284-326.
- Sourkes, T.L., 2009. The discovery and early history of carotene. *Bull. Hist. Chem* 34, 32-38.
- Spasevski, N., Čolović, D., Rakita, S., Ikonić, P., Đuragić, O., Banjac, V., Vukmirović, Đ., 2016. Fatty Acid Composition and β -Carotene Content in Egg Yolk of Laying Hens Fed with Linseed, Paprika and Marigold. *Contemporary Agriculture* 65, 15-22.
- Spasevski, N.J., Dragojlović, D.M., Čolović, D.S., Vidosavljević, S.Ž., Peulić, T.A., Rakita, S.M., Kokić, B.M., 2018. Influence of dietary carrot and paprika on egg physical characteristics and yolk color. *Food and Feed Research* 45, 59-66.
- Sredanović, S., Lević, J., Đuragić, O., 2006. Koncentrat od lucerke-prirodna boja i izvor proteina u ishrani živine. *Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi/PTEP* 10, 28-32.
- Stojanović, A., Sikora, V., Brdar-Jokanović, M., Kiprovska, B., 2016. Jednodoma industrijska konoplja. *Zbornik radova, XXI Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku* 21, 93-97.
- Sudré, C., Gonçalves, L., Rodrigues, R., Amaral Júnior, A.d., Riva-Souza, E., Bento, C.d.S., 2010. Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp. as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. *Genetics and Molecular Research* 9, 283-294.
- Sugino, H., Nitoda, T., Juneja, L., 1997. *General chemical composition of hen eggs*. CRC Press: Boca Raton, FL.
- Sujatha, T., Narahari, D., 2011. Effect of designer diets on egg yolk composition of 'White Leghorn' hens. *Journal of Food Science and Technology* 48, 494-497.
- Sujatha, T., Sunder, J., Kundu, A., Kundu, M.S., 2015. Production of pigment enriched desi chicken eggs by feeding of *Tagetes erecta* petals. *Adv. Anim. Vet. Sci* 3, 192-199.
- Surai, P.F., Sparks, N.H.C., 2001. Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends in Food Science & Technology* 12, 7-16.

- Surai, P.F., Speake, B.K., Sparks, N.H.C., 2001. Carotenoids in Avian Nutrition and Embryonic Development. 1. Absorption, Availability and Levels in Plasma and Egg Yolk. *The Journal of Poultry Science* 38, 1-27.
- Surette, M.E., 2008. The science behind dietary omega-3 fatty acids. *Canadian Medical Association Journal* 178, 177-180.
- Škaljac, S., 2014. Uticaj različitih tehnoloških parametara na formiranje boje tradicionalne fermentisane kobasice (*Petrovačka kobasica*) tokom standardizacije bezbednosti i kvaliteta, Inženjerstvo konzervisane hrane, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Škrtić, Z., Kralik, G., Gajčević, Z., 2006. Obogaćivanje jaja s PUFA n-3. Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme 48, 95-103.
- Thacker, P., Widyaratne, G., 2012. Effects of expeller pressed camelina meal and/or canola meal on digestibility, performance and fatty acid composition of broiler chickens fed wheat-soybean meal-based diets. *Archives of Animal Nutrition* 66, 402-415.
- Todorović, M., 2014. Uticaj različitih izvora masti na proizvodne rezultate i kvalitet mesa tovnih svinja, Katedra za Ishranu i botaniku, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Toom, M., Vares, L., Kirsipuu, K., Must, R., Tenno, S., Raal, A., 2007. Content of the carotenoids in the Pot marigold's sorts cultivated in Estonia. *European Journal of Pharmaceutical Sciences* 32, S25.
- Traka, M., Mithen, R., 2009. Glucosinolates, isothiocyanates and human health. *Phytochemistry Reviews* 8, 269-282.
- Tripathi, M.K., Mishra, A.S., 2007. Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* 132, 1-27.
- Tuli, H.S., Chaudhary, P., Beniwal, V., Sharma, A.K., 2015. Microbial pigments as natural color sources: current trends and future perspectives. *Journal of food science and technology* 52, 4669-4678.
- Tyagi, A.K., 2002. Influence of water soaking of mustard cake on glucosinolate hydrolysis. *Animal Feed Science and Technology* 99, 215-219.
- USDA, 2010. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Valkonen, E., Venäläinen, E., Tupasela, T., Hiidenhovi, J., Valaja, J., 2007. Camelina sativa cake in layer diets improves yolk fatty acid composition, In: WPSA, C.B.o. (Ed.), XVIII European symposium on

- the quality of poultry meat and XII European symposium on the quality of eggs and egg products, Prague, Czech Republic, pp. 82-84.
- Van Elswyk, M., Hatch, S., Stella, G., Mayo, P., Kubena, K., 1998. Poultry-based alternatives for enhancing the ω 3 fatty acid content of American diets, *The Return of ω 3 Fatty Acids into the Food Supply*, Karger Publishers, pp. 102-115.
- Vasilachi, A., Criste, R.D., Cornescu, M.G., Olteanu, M., Panaite, T.D., Sredanović, S.A., Spasevski, N., 2012. Effect of the dietary camelina meal on layer performance, *Proceedings of 6th Central European Congress on Food, CEFood2012*, Institute of Food Technology, Novi Sad (Serbia), pp. 1558-1563.
- Velišek, J., Hajšlová, J., 2009. *Chemie potravin II.* . Tábor: Osis 623, 216-234.
- Vetter, J., 2000. Plant cyanogenic glycosides. *Toxicon* 38, 11-36.
- Vicente, J., Lopez, C., Avila, E., Morales, E., Hargis, B., Tellez, G., 2007. Effect of dietary natural capsaicin on experimental *Salmonella enteritidis* infection and yolk pigmentation in laying hens. *International Journal of Poultry Science* 6, 393-396.
- Wu, M., Li, D., Wang, L.-J., Zhou, Y.-G., Brooks, M.S.-L., Chen, X.D., Mao, Z.-H., 2008. Extrusion detoxification technique on flaxseed by uniform design optimization. *Separation and Purification Technology* 61, 51-59.
- Yamamoto, T., Juneja, L.R., Hatta, H., Kim, M., 1996. *Hen eggs: Basic and Applied Science*. CRC Press.
- Yannakopoulos, A., Tserveni-Gousi, A., Yannakakis, S., Yamoustaris, A., 2005. Yolk fatty acid composition of ω -3 eggs during the laying period, *Egg and egg products quality. XIth European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products*, pp. 375-378.
- Zemková, E., Simeonovová, J., Lichovníková, M., Somerlíková, K., 2007. The effects of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentration of the egg. *Czech J. Anim. Sci.* 52, 110-115.
- Zia ur, R., Ali, S., Khan, A.D., Shah, F.H., 1994. Utilisation of fruit and vegetable wastes in layers' diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 65, 381-383.
- Ziolkowska, A., 2012. Laws of flaxseed mucilage extraction. *Food Hydrocolloids* 26, 197-204.
- Zlas, J., Stark, H., Seligman, J., Levy, R., Werker, E., Breuer, A., Mechoulam, R., 1993. Early medical use of cannabis. *Nature* 363, 215.
- ZSGRS, 2016. *Zdravstveno-Statistički Godišnjak Republike Srbije 2015*, , Institut za javno zdravlje Srbije, Beograd, 2016, <http://www.batut>.

org.rs/download/publikacije/pub2015.pdf, pristupljeno poslednji put jula 2018.

Zuidhof, M.J., Betti, M., Korver, D.R., Hernandez, F.I.L., Schneider, B.L., Carney, V.L., Renema, R.A., 2009. Omega-3-enriched broiler meat: 1. Optimization of a production system. *Poultry Science* 88, 1108-1120.

Prilog 1

Tabela 1. Prosečne vrednosti boje žumanca u celom jajetu izražene preko L^* - koordinate svetloće boje sa statističkim značajnostima između tretmana

dani / tretmani		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
10	L1*	49,86	45,41	48,55	50,28	49,97	45,54	44,63	46,35	49,07	46,45	44,63	43,56
15	L1*	50,72	43,98	52,96	52,64	52,74	48,41	47,33	48,57	52,46	48,65	46,60	45,46
20	L1*	52,28	47,69	52,23	53,45	51,49	50,42	48,22	50,59	53,66	48,44	47,15	46,42
25	L1*	51,77	46,20	51,60	53,60	52,06	47,00	46,30	49,24	52,28	49,83	45,17	44,61
30	L1*	51,68	46,57	51,23	52,35	51,70	50,08	47,27	47,53	51,91	49,00	45,69	45,55
Uticaj vrste tretmana i vremena uzorkovanja													
10	tretman	de	abc	bcde	d	d	abce	ab	abcde	cde	abcde	abc	a
	dan	A	AB	B	B	A	B	A	AB	B	A	A	A
15	tretman	bce	d	c	ce	c	abe	abd	ab	c	ab	abd	ad
	dan	A	A	A	A	A	AC	AB	AB	A	A	A	A
20	tretman	ae	bc	a	a	ade	abde	bcd	abde	a	bcde	bc	c
	dan	A	B	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A
25	tretman	ad	bc	ad	a	a	bcd	bc	abcd	a	acd	bc	b
	dan	A	AB	AB	A	A	BC	AB	AB	A	A	A	A
30	tretman	be	a	bcde	b	b	abcde	acde	acd	bde	abcde	a	ac
	dan	A	AB	AB	AB	A	A	AB	A	AB	A	A	A

a-e - vrednosti u istom redu označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana na nivou $p < 0,05$, A-C - vrednosti u istoj koloni označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana, na nivou $p < 0,05$.

Tabela 2. Prosečne vrednosti boje žumanca sa vitelinskom membranom izražene preko L^* - koordinate svetloće boje sa statističkim značajnostima između tretmana

dani / tretmani		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
10	L2*	50,90	47,21	50,60	52,92	51,41	47,25	45,08	47,34	51,24	48,16	45,57	45,45
15	L2*	52,50	45,93	54,69	55,10	53,52	50,24	47,88	49,67	54,98	50,12	48,14	46,75
20	L2*	54,30	47,53	54,34	55,27	53,00	51,80	48,81	51,96	56,10	50,20	48,64	47,70
25	L2*	51,94	48,21	53,29	54,96	53,72	48,38	47,84	50,82	54,14	50,72	46,75	45,04
30	L2*	53,05	48,32	52,86	53,93	53,54	51,92	48,45	49,45	53,65	51,12	47,02	46,64
Uticaj vrste tretmana i vremena uzorkovanja													
10	tretman	bcd	ae	bcde	d	cd	abce	a	abe	bcd	abcde	a	a
	dan	A	A	A	B	A	A	A	B	B	A	A	A
15	tretman	bc	d	c	c	bc	ab	ad	ab	c	ab	ad	ad
	dan	AB	A	B	A	A	AB	AB	AB	A	A	A	A
20	tretman	def	b	cdef	ef	cdef	acd	ab	acde	f	abc	ab	ab
	dan	B	A	AB	A	A	B	B	A	A	A	A	A
25	tretman	bcd	abe	cd	d	cd	abe	abe	abcd	cd	abc	ae	e
	dan	AB	A	AB	A	A	A	AB	A	AB	A	A	A
30	tretman	ad	be	acd	a	a	abcd	bce	bcde	ad	abcd	bce	e
	dan	AB	A	AB	AB	A	B	AB	AB	AB	A	A	A

^{a-f} - vrednosti u istom redu označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana na nivou $p < 0,05$, ^{A-B} - vrednosti u istoj koloni označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana, na nivou $p < 0,05$.

Tabela 3. Prosečne vrednosti boje žumanca bez vitelinske membrane izražene preko L^* - koordinate svetloće boje sa statističkim značajnostima između tretmana

dani / tretmani		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
10	L3*	46,75	43,43	46,57	49,10	47,76	44,09	41,22	43,18	48,27	44,17	41,47	39,75
15	L3*	49,03	41,15	51,45	51,76	49,75	45,77	43,86	43,46	49,63	45,54	42,13	41,31
20	L3*	49,72	43,39	50,49	51,28	49,56	47,30	44,55	47,24	51,55	45,71	43,65	42,10
25	L3*	46,83	43,43	50,47	51,81	49,93	43,79	44,87	46,61	51,01	45,89	42,72	40,73
30	L3*	49,39	42,57	49,52	50,10	48,98	47,37	43,72	44,39	49,47	46,21	42,51	42,20
Uticaj vrste tretmana i vremena uzorkovanja													
10	tretman	bcd	ab	bcd	cd	d	abcd	a	ab	cd	abc	a	a
	dan	A	A	B	B	A	AB	B	A	A	A	A	A
15	tretman	cd	a	c	c	bcd	abd	ab	ab	c	abd	a	a
	dan	A	A	A	A	A	AB	AB	A	A	A	A	A
20	tretman	cde	ab	ce	c	cde	bcde	ab	abde	c	abd	ab	a
	dan	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A
25	tretman	abcde	ab	cde	d	cd	ab	abe	acde	cd	ace	ab	b
	dan	A	A	AB	AB	A	A	A	A	A	A	A	A
30	tretman	bc	a	bc	c	bc	abcde	ad	ade	bce	bde	a	a
	dan	A	A	AB	AB	A	AB	A	A	A	A	A	A

^{a-e} - vrednosti u istom redu označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana na nivou $p < 0,05$, ^{A-B} - vrednosti u istoj koloni označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana, na nivou $p < 0,05$.

Tabela 4. Prosečne vrednosti boje žumanca u celom jajetu izražene preko a_1^* - crveno-zelene koordinate sa statističkim značajnostima između tretmana

dani / tretmani		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
10	a_1^*	2,68	12,88	3,66	1,58	4,55	10,16	14,37	10,10	2,16	9,63	14,18	15,44
15	a_1^*	1,43	14,72	0,60	0,99	2,32	8,67	13,19	10,31	1,98	10,94	13,96	16,26
20	a_1^*	0,61	14,47	1,44	0,54	2,54	7,94	14,81	9,64	-0,14	9,18	13,81	15,55
25	a_1^*	0,39	14,44	0,57	0,24	0,82	9,62	13,30	8,88	1,34	8,18	14,26	16,70
30	a_1^*	-0,79	12,52	1,25	-0,42	0,64	6,21	12,57	10,22	0,13	8,71	12,82	17,66
Uticaj vrste tretmana i vremena uzorkovanja													
10	tretman	a	bcd	a	a	a	b	c	b	a	bd	cd	c
	dan	C	A	B	C	B	A	AB	A	A	AB	A	A
15	tretman	a	ef	a	a	a	b	cde	bc	a	bcd	def	f
	dan	AC	A	A	BC	AB	A	AB	A	A	B	A	A
20	tretman	a	b	a	a	a	c	b	c	a	c	b	b
	dan	A	A	A	ABC	AB	A	B	A	A	AB	A	A
25	tretman	a	b	a	a	a	c	b	c	a	c	b	b
	dan	AB	A	A	AB	A	A	AB	A	A	A	A	A
30	tretman	a	b	a	a	a	c	b	bd	a	cd	b	e
	dan	B	A	AB	A	A	A	A	A	A	A	A	A

^{a-f} - vrednosti u istom redu označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana na nivou $p < 0,05$, ^{A-C} - vrednosti u istoj koloni označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana, na nivou $p < 0,05$.

Tabela 5. Prosečne vrednosti boje žumanca sa vitelinskom membranom izražene preko a^* - crveno-zelene koordinate sa statističkim značajnostima između tretmana

dani / tretmani		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
10	a_2^*	3,11	14,02	4,55	1,84	5,12	10,92	15,30	10,86	2,55	10,14	15,19	15,70
15	a_2^*	1,58	15,90	0,76	1,21	2,93	9,29	14,36	10,82	1,84	10,69	15,03	17,22
20	a_2^*	0,71	15,98	1,26	0,65	3,06	8,36	15,24	10,27	0,03	9,98	14,86	17,12
25	a_2^*	0,40	15,30	0,81	0,40	0,88	10,21	13,85	10,02	1,23	8,69	15,62	17,01
30	a_2^*	-0,71	13,66	1,51	-0,14	0,77	6,73	13,77	11,05	0,27	9,38	13,85	18,59
Uticaj vrste tretmana i vremena uzorkovanja													
10	tretman	a	bcd	a	a	a	b	cd	bc	a	b	cd	d
	dan	C	A	B	C	B	A	AB	A	A	AB	A	A
15	tretman	a	cd	a	a	a	b	ce	be	a	b	cd	d
	dan	AC	A	A	BC	AB	A	AB	A	A	B	A	A
20	tretman	a	b	a	a	a	c	b	c	a	c	b	b
	dan	A	A	A	ABC	AB	A	B	A	A	AB	A	A
25	tretman	a	b	a	a	a	c	b	c	a	c	b	b
	dan	AB	A	A	AB	A	A	AB	A	A	A	A	A
30	tretman	a	b	a	a	a	c	b	bd	a	cd	be	e
	dan	B	A	AB	A	A	A	A	A	A	A	A	A

^{a-e} - vrednosti u istom redu označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana na nivou $p < 0,05$, ^{A-C} - vrednosti u istoj koloni označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana, na nivou $p < 0,05$.

Tabela 6. Prosečne vrednosti boje žumanca bez vitelinske membrane izražene preko a^* - crveno-zelene koordinate sa statističkim značajnostima između tretmana

dani / tretmani		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
10	a_3^*	6,29	16,95	7,49	4,30	8,46	14,10	19,23	14,48	4,57	13,89	19,24	19,95
15	a_3^*	3,60	19,66	1,55	2,86	5,79	12,43	17,71	15,23	4,27	13,75	19,42	21,25
20	a_3^*	3,09	18,79	3,03	2,31	4,70	11,53	18,47	13,61	1,48	12,99	18,27	21,10
25	a_3^*	2,33	18,31	1,44	1,46	2,42	12,82	15,92	12,33	2,11	11,47	18,30	20,90
30	a_3^*	0,81	17,00	2,72	0,89	2,52	9,88	16,50	14,26	1,78	12,07	17,86	22,30
Uticaj vrste tretmana i vremena uzorkovanja													
10	tretman	a	bcd	ae	a	a	de	bc	bcd	a	bd	bc	c
	dan	C	A	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A
15	tretman	ab	cd	a	ab	b	e	cd	ce	ab	e	cd	d
	dan	BC	B	A	BC	AB	A	A	A	A	A	A	A
20	tretman	a	b	a	a	a	c	b	cd	a	c	bd	b
	dan	AB	AB	A	AB	AB	A	A	A	A	A	A	A
25	tretman	a	b	a	a	a	c	bcd	cd	a	c	b	b
	dan	AB	AB	A	AB	A	A	A	A	A	A	A	A
30	tretman	a	bc	a	a	a	d	bc	b	a	d	c	e
	dan	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

^{a-e} - vrednosti u istom redu označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana na nivou $p < 0,05$, ^{A-C} - vrednosti u istoj koloni označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana, na nivou $p < 0,05$.

Tabela 7. Prosečne vrednosti boje žumanca u celom jajetu izražene preko b^* - žuto-plave koordinate sa statističkim značajnostima između tretmana

dani / tretmani		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
10	b_1^*	32,02	31,98	36,19	39,39	36,43	33,41	30,74	32,92	34,90	34,79	30,42	28,88
15	b_1^*	35,70	28,38	40,08	38,63	37,83	33,05	31,56	31,32	36,41	36,31	31,34	30,63
20	b_1^*	36,38	30,79	37,95	39,41	36,81	35,40	35,94	35,39	37,32	33,81	30,80	29,51
25	b_1^*	34,89	32,45	37,60	40,57	36,25	32,81	33,13	31,97	38,56	33,78	29,19	28,73
30	b_1^*	36,19	29,09	40,36	37,50	34,36	36,61	31,85	31,88	34,99	34,99	30,22	32,01
Uticaj vrste tretmana i vremena uzorkovanja													
10	tretman	a	a	abc	c	bc	abc	a	ab	abc	abc	a	a
	dan	B	A	A	AB	A	A	A	A	A	A	A	A
15	tretman	abcd	b	c	cd	c	abd	ab	ab	acd	acd	ab	ab
	dan	AB	A	A	AB	A	A	A	A	AB	A	A	A
20	tretman	ab	cd	ab	b	ab	ab	abc	abc	ab	acd	cd	d
	dan	A	A	A	A	A	A	A	A	AB	A	A	A
25	tretman	abcd	ab	bcd	d	bcd	abc	abcd	abc	cd	abc	a	a
	dan	AB	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A
30	tretman	ad	b	d	ad	abc	ad	abc	abc	abcd	acd	bc	abc
	dan	A	A	A	B	A	A	A	A	AB	A	A	A

^{a-d} - vrednosti u istom redu označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana na nivou $p < 0,05$, ^{A-B} - vrednosti u istoj koloni označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana, na nivou $p < 0,05$.

Tabela 8. Prosečne vrednosti boje žumanca sa vitelinskom membranom izražene preko b^* - žuto-plave koordinate sa statističkim značajnostima između tretmana

dani / tretmani		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
10	b_2^*	34,08	35,21	38,07	42,53	39,09	36,48	32,98	35,47	37,00	36,91	31,24	28,63
15	b_2^*	38,36	31,42	42,56	42,53	36,50	35,74	34,62	33,31	39,76	35,87	33,83	32,99
20	b_2^*	38,94	36,08	40,10	42,53	39,42	37,45	37,50	37,45	40,03	36,73	33,33	31,83
25	b_2^*	35,56	34,91	39,76	43,22	39,65	34,92	34,39	36,17	40,92	35,72	32,74	29,16
30	b_2^*	38,57	33,23	42,99	41,05	38,15	39,41	35,98	34,22	39,52	37,48	32,85	34,42
Uticaj vrste tretmana i vremena uzorkovanja													
10	tretman	abd	abc	abc	e	ce	abc	abd	abc	bce	abc	ad	d
	dan	C	AB	A	A	A	A	A	AB	A	A	A	A
15	tretman	bcd	a	d	d	abc	abc	abc	abc	cd	abc	abc	ab
	dan	AB	A	AB	A	B	A	A	A	A	A	A	A
20	tretman	ad	abc	ad	d	ad	abc	abc	abcd	acd	abc	bc	b
	dan	B	B	AB	A	A	A	A	B	A	A	A	A
25	tretman	abc	ab	bcde	e	cde	abc	abcd	abcd	de	abcd	ab	a
	dan	AC	AB	AB	A	A	A	A	AB	A	A	A	A
30	tretman	cde	ab	e	de	abcd	bcde	abc	abc	abcde	abcd	a	abc
	dan	AB	AB	B	A	AB	A	A	AB	A	A	A	A

^{a-e} - vrednosti u istom redu označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana na nivou $p < 0,05$, ^{A-C} - vrednosti u istoj koloni označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana, na nivou $p < 0,05$.

Tabela 9. Prosečne vrednosti boje žumanca bez vitelinske membrane izražene preko b^* - žuto-plave koordinate sa statističkim značajnostima između tretmana

dani/tretmani		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
10	b_3^*	34,08	35,21	38,07	42,53	39,09	36,48	32,98	35,47	37,00	36,91	31,24	28,63
15	b_3^*	38,36	31,42	42,56	42,53	36,50	35,74	34,62	33,31	39,76	35,87	33,83	32,99
20	b_3^*	38,94	36,08	40,10	42,53	39,42	37,45	37,50	37,45	40,03	36,73	33,33	31,83
25	b_3^*	35,56	34,91	39,76	43,22	39,65	34,92	34,39	36,17	40,92	35,72	32,74	29,16
30	b_3^*	38,57	33,23	42,99	41,05	38,15	39,41	35,98	34,22	39,52	37,48	32,85	34,42
Uticaj vrste tretmana i vremena uzorkovanja													
10	tretman	ab	ab	bc	c	c	ab	ab	ab	ab	ab	a	a
	dan	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A
15	tretman	bc	a	c	c	ab	ab	a	a	bc	ab	a	a
	dan	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
20	tretman	acd	bc	ad	d	ad	abcd	abc	abc	ad	abc	b	b
	dan	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
25	tretman	abc	ab	acd	d	cd	ab	ab	abcd	acd	abc	ab	b
	dan	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
30	tretman	acd	b	d	cd	d	abcd	ab	abc	acd	abc	ab	ab
	dan	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

a-e - vrednosti u istom redu označene različitim malim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj tretmana na nivou $p < 0,05$, A-B - vrednosti u istoj koloni označene različitim velikim slovom ukazuju na statistički značajne razlike srednjih vrednosti za uticaj dana, na nivou $p < 0,05$.

Tabela 10. Prosečne vrednosti širine žumanca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana,, cm

Tretmani	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	4,00 ± 0,2 ^{ab}	4,25 ± 0,4 ^{ab}	4,25 ± 0,2 ^{ab}	4,22 ± 0,1 ^{ab}	4,33 ± 0,1 ^{ab}
K2	4,00 ± 0,2 ^{ab}	4,28 ± 0,2 ^{ab}	4,21 ± 0,1 ^{ab}	4,20 ± 0,1 ^{ab}	4,08 ± 0,1 ^{ab}
L1	4,05 ± 0,1 ^{ab}	4,35 ± 0,2 ^{ab}	4,27 ± 0,1 ^{ab}	4,10 ± 0,1 ^{ab}	4,25 ± 0,2 ^{ab}
L2	3,97 ± 0,1 ^a	4,18 ± 0,2 ^{ab}	4,16 ± 0,1 ^{ab}	4,20 ± 0,1 ^{ab}	4,04 ± 0,3 ^{ab}
C1	3,99 ± 0,1 ^{ab}	4,10 ± 0,1 ^{ab}	4,24 ± 0,1 ^{ab}	4,21 ± 0,2 ^{ab}	4,32 ± 0,2 ^{ab}
C2	4,02 ± 0,2 ^{ab}	4,13 ± 0,1 ^{ab}	4,15 ± 0,1 ^{ab}	4,14 ± 0,2 ^{ab}	4,25 ± 0,3 ^{ab}
H1	4,11 ± 0,2 ^{ab}	4,16 ± 0,1 ^{ab}	4,23 ± 0,2 ^{ab}	4,12 ± 0,1 ^{ab}	4,38 ± 0,1 ^b
H2	4,12 ± 0,2 ^{ab}	4,18 ± 0,2 ^{ab}	4,19 ± 0,2 ^{ab}	4,23 ± 0,2 ^{ab}	4,20 ± 0,2 ^{ab}

Vrednosti označene različitom slovnim oznakom se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Tabela 11. Prosečne vrednosti visine žumanca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana,, mm

Tretman	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	17,54 ± 1,2 ^{abc}	17,83 ± 1,6 ^{abc}	18,07 ± 0,8 ^{abc}	18,21 ± 1,0 ^{abc}	17,73 ± 1,0 ^{abc}
K2	17,65 ± 0,3 ^{abc}	17,09 ± 1,5 ^{ab}	17,35 ± 1,2 ^{abc}	18,00 ± 0,8 ^{abc}	18,24 ± 0,9 ^{abc}
L1	16,75 ± 0,7 ^a	18,26 ± 0,7 ^{abc}	17,77 ± 1,3 ^{abc}	17,43 ± 1,2 ^{abc}	17,35 ± 0,8 ^{abc}
L2	16,92 ± 0,9 ^{ab}	18,21 ± 0,8 ^{abc}	17,92 ± 0,8 ^{abc}	18,14 ± 0,9 ^{abc}	17,82 ± 1,4 ^{abc}
C1	17,53 ± 0,7 ^{abc}	17,69 ± 1,1 ^{abc}	17,89 ± 1,6 ^{abc}	18,34 ± 2,0 ^{abc}	19,01 ± 1,0 ^{abc}
C2	17,95 ± 1,3 ^{abc}	18,28 ± 1,0 ^{abc}	17,99 ± 1,2 ^{abc}	18,81 ± 1,1 ^{abc}	17,89 ± 1,8 ^{abc}
H1	18,15 ± 1,5 ^{abc}	18,80 ± 0,7 ^{abc}	18,15 ± 1,3 ^{abc}	19,59 ± 0,7 ^c	18,57 ± 0,6 ^{abc}
H2	18,24 ± 1,4 ^{abc}	19,33 ± 0,8 ^{bc}	18,83 ± 0,7 ^{abc}	18,81 ± 0,8 ^{abc}	18,37 ± 0,8 ^{abc}

Vrednosti označene različitom slovnim oznakom se značajno razlikuju na nivou značajnosti $p < 0,05$

Tabela 12. Prosečne vrednosti visine belanca kontrolnih i eksperimentalnih tretmana, mm

Tretman	Vreme (dani)				
	10. dan	15. dan	20. dan	25. dan	30. dan
K1	6,64 ± 0,3	6,91 ± 0,3	6,95 ± 0,5	6,85 ± 0,6	6,85 ± 0,5
K2	6,88 ± 0,3	6,54 ± 0,7	6,85 ± 0,4	6,94 ± 0,4	7,16 ± 0,4
L1	6,87 ± 0,4	7,10 ± 0,5	6,76 ± 0,4	7,01 ± 0,6	7,12 ± 0,4
L2	6,70 ± 0,2	7,70 ± 0,3	6,79 ± 1,0	7,06 ± 0,4	7,37 ± 0,4
C1	6,84 ± 0,6	6,79 ± 0,5	6,83 ± 0,5	7,12 ± 0,5	7,09 ± 0,9
C2	7,12 ± 0,5	6,68 ± 0,3	6,78 ± 0,9	7,31 ± 0,4	6,91 ± 0,7
H1	7,58 ± 0,9	7,35 ± 2,0	6,86 ± 0,5	7,42 ± 1,3	7,49 ± 0,4
H2	6,90 ± 0,5	7,11 ± 0,4	6,94 ± 0,7	7,51 ± 0,5	7,40 ± 0,3

*Između vrednosti navedenih u tabeli ne postoji statistički značajna razlika $p > 0,05$

Tabela 13. Prosečne vrednosti sadržaja omega 6 masnih kiselina u žumancima

Dan/tretman	K1	K2	H1	H2	C1	C2	L1	L2
10. dan	13,43	16,10	18,89	22,16	9,10	10,31	12,19	13,16
15. dan	14,10	16,71	19,07	24,07	9,35	10,63	12,28	11,98
20. dan	14,31	16,20	18,48	22,43	9,50	10,53	12,16	12,31
25. dan	15,52	15,97	18,56	22,58	10,26	9,76	12,25	13,04
30. dan	13,33	15,04	18,61	21,00	9,48	10,03	12,38	11,30

Tabela 14. Prosečne vrednosti sadržaja omega 3 masnih kiselina u žumancima

Dan/tretman	K1	K2	H1	H2	C1	C2	L1	L2
10. dan	1,52	1,78	4,09	5,01	5,19	5,88	8,07	10,20
15. dan	1,57	1,74	3,97	5,16	5,26	5,51	8,36	10,50
20. dan	1,46	1,62	4,17	4,76	5,28	5,76	8,47	10,48
25. dan	1,59	1,67	3,64	4,30	5,26	5,88	8,45	10,95
30. dan	1,42	1,71	3,65	4,20	5,44	5,80	8,64	11,15

Tabela 15. Prosečne vrednosti odnosa ω -6/ ω -3 masnih kiselina u žumancima

Dan/tretman	K1	K2	H1	H2	C1	C2	L1	L2
10. dan	8,84	9,07	4,62	4,44	1,76	1,77	1,51	1,29
15. dan	9,10	9,95	4,80	4,66	1,78	1,93	1,47	1,14
20. dan	9,77	10,00	4,44	4,71	1,80	1,84	1,44	1,17
25. dan	9,87	9,90	5,09	5,26	1,95	1,66	1,45	1,19
30. dan	9,40	8,88	5,09	5,00	1,74	1,73	1,43	1,01

Tabela 16. Prosečne vrednosti sadržaja tokoferola u žumancima

Tretmani	Vreme (dani)	α -tokoferol (mg/100 g)	$\beta+\gamma$ tokoferol (mg/100 g)	δ tokoferol mg/100 g	Ukupni tokoferol
K1	10. dan	4,741	0,466	<0,1	5,207
	20. dan	4,638	0,491	<0,1	5,129
	30. dan	1,452	0,191	<0,1	1,643
K2	10. dan	7,127	0,791	<0,1	7,918
	20. dan	6,379	0,819	<0,1	7,198
	30. dan	5,064	0,764	<0,1	5,828
L1	10. dan	14,381	0,286	<0,1	14,667
	20. dan	10,305	0,184	<0,1	10,489
	30. dan	10,019	0,208	<0,1	10,227
L2	10. dan	17,557	0,494	<0,1	18,051
	20. dan	14,154	0,495	<0,1	15,649
	30. dan	12,986	0,338	<0,1	13,324
C1	10. dan	15,198	0,411	<0,1	15,609
	20. dan	14,626	0,449	<0,1	15,075
	30. dan	14,404	0,382	<0,1	14,786
C2	10. dan	28,627	0,551	<0,1	29,178
	20. dan	25,223	0,539	<0,1	25,762
	30. dan	22,805	0,815	<0,1	23,620
H1	10. dan	20,440	0,509	<0,1	20,949
	20. dan	19,321	0,513	<0,1	19,834
	30. dan	19,396	0,595	<0,1	19,991
H2	10. dan	21,548	0,528	<0,1	22,076
	20. dan	20,131	0,595	<0,1	20,726
	30. dan	19,338	0,522	<0,1	19,860