

Utjecaj proteina ličinke crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) u hranidbi pilića na kvalitetu pilećeg mesa

Gross-Bošković, Andrea

Doctoral thesis / Disertacija

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:098025>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)





Sveučilište u Zagrebu

PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

Andrea Gross - Bošković

**UTJECAJ PROTEINA LIČINKE CRNE
VOJNIČKE MUHE
(*Hermetia illucens*) U HRANIDBI PILIĆA
NA KVALITETU PILEĆEG MESA**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Helga Medić

Prof. dr. sc. Jelka Pleadin

Zagreb, 2024.

Druqa pisana stranica (tekst na engleskom jeziku)



University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology

Andrea Gross – Bošković

**INFLUENCE OF FEED COSISTING
BLACK SOLDIER FLY LARVAE
PROTEIN (*Hermetia illucens*) ON
CHICKEN MEAT QUALITY**

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisors:

Prof. PhD. Helga Medić

Prof. PhD. Jelka Pleadin

Zagreb, 2024.

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA
DOKTORSKA DISERTACIJA**

**Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za tehnologiju mesa i ribe
i
Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda
Laboratorij za kontrolu kvalitete u prehrambenoj industriji
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska**

**Hrvatski veterinarski institut
Odjel za veterinarsko javno zdravstvo
Laboratorij za analitičku kemiju
Savska cesta 143, 10 000 Zagreb, Hrvatska**

UDK:

Znanstvenopodručje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Znanstvena grana Inženjerstvo
Tema rada je prihvaćena na 10. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, održanoj 16. srpnja 2021. godine
Voditelj: prof. dr. sc. Helga Medić
prof. dr. sc. Jelka Pleadin

**Utjecaj proteina ličinke crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*)
u hranidbi pilića na kvalitetu pilećeg mesa
Andrea Gross - Bošković, 418/PT**

Sažetak:

Povećanje potrošnje pilećeg mesa, njegov povoljan nutritivni sastav, kao i kontinuirani porast broja stanovnika, razlozi su povećanja proizvodnje pilećeg mesa, te potrebe za alternativnim izvorima hrane za piliće sa svrhom očuvanja okoliša i smanjenja zagađenja. Cilj ovog istraživanja je utvrditi optimalni i maksimalni udio zamjene proteina porijeklom od odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) kao nove hrane, koji neće narušiti kondicijsko i zdravstveno stanje pilića i koji će dati ocjenu kvalitete mesa pilića. Rezultatima istraživanja utvrđeno je da je djelomična zamjena proteina soje u hranidbi pilića različitim udjelima proteina odmašćenog brašna *H. illucens* (15 %, 25 %, 40 %) tehnološki prihvatljiva. Također, prema proizvodnim i tehnološkim pokazateljima, kao i parametrima kvalitete, meso pilića ne pokazuje negativne rezultate u odnosu na meso pilića proizvedeno prema zahtjevima standardnog tova. Obzirom na utvrđeno, udio zamjene proteina odmašćenog brašna *H. illucens* do 25 % može se smatrati najprihvatljivijim u komercijalne svrhe u tehnologiji proizvodnje pilića, uz prethodno donošenje zakonodavnog okvira te analizu svih ostalih čimbenika koji mogu utjecati na kvalitetu i sigurnost pilećeg mesa, a time i na zdravlje potrošača.

Ključne riječi: *Hermetia illucens*, meso pilića, kvaliteta

Rad sadrži: 162 stranica
20 slika
48 tablica
3 priloga
318 literaturnih referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

- | | | |
|----|--|-----------------------------|
| 1. | prof. dr. sc. Suzana Rimac Brnčić | predsjednik
Povjerenstva |
| 2. | izv. prof. dr.sc. Nives Marušić Radovčić | član |
| 3. | prof. dr.sc. Zlatko Janječić | član |
| 4. | prof. dr. sc. Nada Vahčić | zamjenski član |

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici
Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Rektoratu sveučilišta u
Zagrebu, Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu

BASIC DOCUMENTATION CARD

DOCTORAL THESIS

Faculty of Food Technology and Biotechnology University of Zagreb
Department for Food Technology Engineering
Laboratory for meat and fish technology
and
Department of Food Quality Control
Laboratory for food quality control
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia

Croatian Veterinary Institute
Department of veterinary public health
Laboratory for analytical chemistry
Savska cesta 143, 10 000 Zagreb, Croatia

UDC:

Scientific area: Biotechnical sciences
Scientific field: Food technology

Thesis subject was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology and Biotechnology its session 10. held on 16.07. 2021.

Mentor: PhD. Helga Medić, full prof.
PhD. Jelka Pleadin, full prof.

**Influence of feed consisting black soldier fly larvae protein
(*Hermetia illucens*) on chicken meat quality**
Andrea Gross - Bošković, 418/PT

Summary:

Increased consumption of chicken meat, its favorable nutritional composition, as well as the continuous increase in population growth are the reasons for the increase in chicken meat production and the need for alternative sources of chicken feed in terms of environmental protection and pollution reduction. The aim of this study is to determine the optimal and maximal protein replacement rate originated from the defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) flour, which can be used in chicken feeding without impairing chicken's fitness and health, and which will give an assessment of the chicken meat quality. The results of the study showed that partial replacement of soy protein in chicken feed with different proportions of *H. illucens* defatted flour (15%, 25%, 40%) was technologically acceptable. In addition, according to production and technological parameters as well as quality parameters chicken meat does not show negative results in relation to chicken meat produced according to the requirements of standard fattening. Considering the established, the partial protein replacement of defatted *H. illucens* flour up to 25% may be considered commercially the most acceptable in poultry production technology, with the prior adoption of a legislative framework in this field, analysis of all other factors that may affect the quality and safety of chicken meat, and thus to consumer health.

Key words: *Hermetia illucens*, chicken meat, quality

Thesis contains: 162 pages
20 figures
48 tables
3 supplements
318 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. PhD. Suzana Rimac Brnčić, full prof. | Chair
person |
| 2. PhD. Nives Marušić Radovčić, assoc. prof. | member |
| 3. PhD. Zlatko Janječić, full prof. | member |
| 4. PhD. Nada Vahčić, full prof. | member
(alternate) |

Defense date: month, day, year

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology University of Zagreb, University Library in Zagreb

Zahvaljujem...

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	4
2.1. HRANIDBA TOVNIH PILIĆA.....	5
2.1.1. Sastav krmiva i krmnih smjesa.....	6
2.1.2. Iskorištenje hranjivih tvari i energije.....	11
2.2. HRANIDBA PILIĆA ZAMJENOM DIJELA PROTEINA HRANOM NA BAZI KUKACA.....	16
2.2.1. Vrste kukaca koje se koriste u hranidbi životinja.....	20
2.2.2. Karakteristike kukaca koje se najčešće koriste u hranidbi životinja.....	23
2.2.3. Zakonodavni okvir u pogledu mogućnosti korištenja proteina kukaca kao komponente hrane za životinje	34
2.3. PROIZVODNI POKAZATELJI U TOVU PILIĆA	40
2.3.1. Potrošnja mesa pilića.....	42
2.3.2. Proizvodni pokazatelji	42
2.4. TEHNOLOŠKA SVOJSTVA I KVALITETA MESA PILIĆA	46
2.4.1. Sposobnost vezanja vode, pH, kalo kuhanja i otpuštanje mesnog soka	47
2.4.2. Boja pilećeg mesa.....	48
2.4.3. Kemijska svojstva mesa pilića.....	52
2.4.4. Senzorska svojstva mesa pilića.....	59
3. EKSPERIMENTALNI DIO	67
3.1. ZADATAK.....	68
3.2. MATERIJAL.....	69
3.2.1. Pilići.....	69
3.2.2. Krmne smjese	69
3.2.3. Laboratorijski pribor i oprema.....	75
3.2.4. Reagensi, standardi i otopine za provedbu kemijskih analiza	75
3.3. METODE.....	76
3.3.1. Ispitivanje proizvodnih pokazatelja.....	77
3.3.2. Pokazatelji tehnoloških svojstava mišićnog tkiva	81
3.3.3. Određivanje kemijskih svojstava mesa pilića.....	84
3.3.4. Određivanje senzorskih svojstava mesa pilića	93
3.3.5. Statistička obrada rezultata.....	96

4. REZULTATI.....	97
4.1. REZULTATI PROIZVODNIH POKAZATELJA PILIĆA.....	98
4.2. REZULTATI TEHNOLOŠKIH POKAZATELJA MESA PILIĆA	102
4.3. REZULTATI KEMIJSKIH SVOJSTAVA MESA PILIĆA.....	104
4.3.1. Rezultati osnovnih kemijskih analiza mesa pilića	104
4.3.2. Rezultati analiza masnokiselinskog sastava mesa pilića	105
4.4. REZULTATI ANALIZA SENZORSKIH SVOJSTAVA MESA PILIĆA	107
5. RASPRAVA	110
5.1. UTJECAJ ZAMJENE DIJELA PROTEINSKE KOMPONENTE NA PROIZVODNE POKAZATELJE TOVA PILIĆA.....	111
5.2. UTJECAJ ZAMJENE DIJELA PROTEINSKE KOMPONENTE NA TEHNOLOŠKE POKAZATELJE MESA PILIĆA.....	116
5.3. UTJECAJ ZAMJENE DIJELA PROTEINSKE KOMPONENTE NA KEMIJSKA SVOJSTVA MESA PILIĆA.....	119
5.4. UTJECAJ ZAMJENE DIJELA PROTEINSKE KOMPONENTE NA SENZORSKA SVOJSTVA MESA PILIĆA.....	128
6. ZAKLJUČCI.....	133
7. LITERATURA.....	136
8. PRILOZI	158

Popis oznaka, kratica i simbola

ATP	adenozintrifosfat
DG SANTE	The Directorate-General for Health and Food Safety (Glavna Uprava EK za zdravlje i sigurnost hrane)
EC	European Commission (Europska komisija)
EFSA	European Food Safety Authority (Europska agencija za sigurnost hrane)
EURL	European Union Reference Laboratory (Referentni laboratorij Europske unije)
EZ	Europska zajednica
FAO	Food and Agriculture Organisation of United Nations (Agencija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda)
FAOLEX	Food and Agriculture Organisation Legislation Database (baza podataka o propisima o hrani u svijetu Agencije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda)
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point (analiza opasnosti i kritične kontrolne točke)
IPIFF	International Platform of Insects for Food and Feed (Međunarodna platforma za kukce kao hranu i hranu za životinje)
ME	metabolička energija
MJ	mega Joule
MUFA	Monounsaturated Fatty Acids (mononezasićene masne kiseline)
NADPH	nikotinamid adenzin dinukleotid
NET	nedušična ekstraktivna tvar
PAP	Processed Animal Proteins (procesirani životinjski proteini)
PCR	Polymerase Chain Reaction (lančana reakcija umnožavanja polimerazom)
PUFA	Polyunsaturated Fatty Acids (polinezasićene masne kiseline)
SFA	Saturated Fatty Acids (zasićene masne kiseline)
WHO	World Health Organisation (Svjetska zdravstvena organizacija)

1. UVOD

Kontinuirano povećanje potrošnje pilećeg mesa rezultat je različitih čimbenika, koji uključuju niže troškove, vrlo dobru dostupnost, veću prikladnost i jednostavnost pripreme, te povećanu svijest potrošača o utjecajima na zdravlje, kao što je niži sadržaj kolesterola u mesu peradi u odnosu na crveno meso (Haley, 2015; Resurreccion, 2004; Michel i sur., 2011). Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) provela je meta-analizu 800 epidemioloških studija i utvrdila da najmanje polovica ukazuje na povećani rizik od raka debelog crijeva kod konzumenata crvenog mesa, posebno govedine, svinjetine te mesa drugih vrsta krupne stoke (WHO, 2015).

Uobičajeni način uzgoja pilića za proizvodnju mesa je tov pilića. Za potrebe tova koriste se visoko selekcionirani hibridi pilića koje karakterizira vrlo brzi prirast i veliki udio mišićnog tkiva. Tov pilića obično traje 42 dana pri čemu se postižu završne mase od 2500 do 3000 grama, ovisno o spolu i udjelu proteina u hrani. Prilikom ovakvog tova, konverzija hrane je vrlo povoljna. Ovisno o udjelu proteina i energetskih krmiva Kralik i sur. (2008) ustanovili su da se konverzija hrane kretala oko 2 kg hrane/ kg prirasta. Međutim, novija istraživanja upućuju na još bolje vrijednosti konverzije, od 1,75 do 1,85 (Khalid i sur., 2017), te čak do 1,6 (Ross 308 Performance Objectives, 2019), odnosno 1,5 (Ross 308 Performance Objectives, 2022). Budući da se u standardnom tovu koriste proteini prvenstveno porijeklom iz soje, a u značajno manjem udjelu ili vrlo rijetko iz drugih krmiva, dok se esencijalne aminokiseline (metionin, triptofan) nadoknađuju u sintetskom obliku, vrlo su skupe i značajno podižu cijenu hrane po kg, bilo bi ekonomski opravdano te okolišno prihvatljivo, pronaći zamjenu za proteinsku komponentu koja bi se koristila u tovu pilića (FAO, 2009; FAO, 2014; Lamsal i sur., 2018). Najnovija istraživanja usmjerena su na proizvodnju krmnih smjesa koje bi po svim parametrima zadovoljile hranidbene potrebe pilića u tovu, te koje se ne bi negativno odrazile na kvalitetu i sigurnost mesa peradi, odnosno na prihvatljivost od strane potrošača (Sogari i sur., 2019; Abd El-Hack i sur., 2020).

U posljednjem desetljeću istraživanja usmjerena na upotrebu kukaca kao izvora hranjivih tvari za životinje upućuju na važne prednosti za okoliš, gospodarstvo i osiguranje dovoljne količine hrane u svijetu (Payne i sur., 2016; Jozefiak i sur., 2016). Kukci su snažni bio-konverteri koji mogu transformirati biomasu niske kvalitete u nutritivno vrijedne proteine. Osim toga, u posljednjih nekoliko desetljeća broj stanovnika na Zemlji se udvostručio te je potrošnja hrane na svjetskoj razini, prvenstveno mesa, u kontinuiranom porastu. Stoga se javlja potreba za dodatnim izvorom proteina za tov životinja iz održivih izvora u što se ubraja i farmski uzgoj kukaca (van der Spiegel i sur., 2013).

Rezultati do sada provedenih istraživanja, u kojima se brašno kukaca koristilo kao djelomična ili potpuna zamjena proteinske komponente u standardnoj hranidbi, značajno se razlikuju (Makinde, 2015). Leiber i sur. (2017) su utvrdili da hrana za tovne piliće koja sadrži sirove proteine porijeklom od ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*), u odnosu na proteine soje daje slične ili bolje rezultate efikasnosti konverzije, te da djelomična zamjena sojine pogače s različitim kombinacijama proteina lucerne ili graška s proteinima *Hermetia illucens* ne utječe na performanse rasta tovnih pilića u usporedbi sa standardnom hranom za perad. De Marco i sur. (2015) proveli su istraživanje o nutritivnim vrijednostima hrane proizvedene od brašna kukaca *Tenebrio molitor* i *Hermetia illucens* korištene u hranidbi tovnih pilića, te su pokazali da su obje vrste hrane vrijedni izvor lako probavljivih aminokiselina, kao i metaboličke energije, što se posebno odnosi na brašno porijeklom od *Tenebrio molitor*. Smatra se da su ličinke muhe *Hermetia illucens* dobra alternativa u hranidbi peradi jer sadrže vrlo povoljan sastav aminokiselina s visokom udjelom lizina i metionina (Leiber i sur., 2017; Payne i sur., 2016).

Zbog svega navedenog, cilj ovog istraživanja je utvrditi optimalni i maksimalni udio zamjene proteina porijeklom od soje proteinima porijeklom od ličinki crne vojničke muhe koji se može koristiti u hranidbi pilića, a da se ne narušava kondicijsko i zdravstveno stanje pilića te da ne utječe negativno na fizikalna, kemijska i senzorska svojstva pilećeg mesa.

Za očekivati je da će predloženo istraživanje rezultirati novim spoznajama o utjecaju hranidbe peradi brašnom crne vojničke muhe na kvalitetu mesa pilića. Dobiveni podaci dati će doprinos utemeljenom sagledavanju mogućnosti korištenja ovog izvora proteina u hranidbi pilića kao izvora hrane za potrebe prehrane ljudi.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. HRANIDBA TOVNIH PILIĆA

Hranidba peradi jedan je od najvažnijih čimbenika u tehnologiji proizvodnje peradi. Poznato je da troškovi vezani za hranidbu peradi sudjeluju u ukupnim troškovima proizvodnje mesa peradi u rasponu od 65 – 75 %. Osim toga, uporabom određenih krmiva u obroku, može se utjecati na kvalitetu proizvoda, što je važno za njihov plasman na tržištu (Kralik i sur., 2008; Hascik i sur., 2010; Dobermann i sur., 2017; Janječić i sur., 2023).

Proizvodnja ratarskih kultura koje se koriste u hranidbi životinja smatra se glavnim čimbenikom koji doprinosi iskorištavanju zemljišta u pogledu primarne proizvodnje, zakiseljavanju tla, klimatskim promjenama, iskorištavanju energije i vode te ovisnosti o prirodnim i klimatskim uvjetima za njihovu proizvodnju (Sanchez-Muros i sur., 2014). Upravo iz tog razloga, u posljednje vrijeme je nekoliko međunarodnih organizacija preporučilo uvođenje novih izvora proteina u krmne smjese za životinje. U izvještaju iz 2009. godine Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (FAO) zaključuje da će do 2030. godine broj ljudi na Zemlji doseći brojku od preko 9 milijardi te da će potrebe za hranom iznimno narasti, dok će se istovremeno područja za proizvodnju hrane, kao i raspoloživi vodni resursi, značajno smanjivati (FAO, 2009; Kumar i sur., 2017; Kim i sur., 2019; Alagappan i sur., 2022; Lee i sur., 2022). Dodatno, prognoze upućuju da će usljed klimatskih promjena doći do smanjenja poljoprivrednog zemljišta neophodnog za proizvodnju poljoprivrednih kultura za hranidbu životinja, smanjenja vodnih resursa, smanjenja energije potrebne za proizvodnju gnojiva, što posljedično vodi ka degradaciji okoliša i povećanju emisije stakleničkih plinova (Kumar i sur., 2017).

U svrhu proizvodnje mesa pilića uobičajeni način uzgoja je tov pilića koji najčešće traje 42 dana. Tijekom tog perioda postižu se završne mase od 2500 do 3000 grama, ovisno o vrsti hibrida, hrani, odnosno udjelu proteina u tovnim smjesama te okolišnim uvjetima proizvodnje. U današnje vrijeme se za potrebe tova koriste visokoselekcionirani hibridi, budući da je cilj postići brzi prirast i visoki udio kvalitetnog mišićnog tkiva (Khalid i sur., 2018; Ross 308 Performance Objectives, 2019). Prihvatljivost pilećeg mesa ovisi o kvaliteti trupova (konformaciji) i udjelu dijelova trupa izražene mišićne mase što, uz boju kože, predstavlja glavni čimbenik kojeg procjenjuju konzumenti. S druge strane, za proizvođače pilećeg mesa značajan je izbor genotipa, odnosno hibrida koji se koriste u tu namjenu, jer se želi proizvesti pileće meso prema sklonostima potrošača i po prihvatljivim cijenama. Stoga se proizvodnja tovnih pilića prilagođava zahtjevima konzumenata i prerađivačke industrije (Kralik i sur., 2011).

U standardnom tovu prvenstveno se koriste proteini porijeklom iz soje, a u značajno manjem udjelu ili vrlo rijetko, iz drugih krmiva (suncokretova sačma, repičina sačma, stočni grašak, bob, brašno lucerne). Esencijalne aminokiseline (metionin, triptofan) nadoknađuju u sintetskom obliku, te značajno podižu cijenu hrane. Do sada provedena istraživanja upućuju na potrebu pronalaženja zamjene za proteinsku komponentu koja bi se koristila u tovu pilića, a koja bi bila ekonomski opravdana te okolišno prihvatljiva (FAO, 2009; FAO 2014).

Proizvodnja pilećeg mesa u Republici Hrvatskoj temelji se na hibridima različitog porijekla, koji se odlikuju odličnim tovnim (brz prirast žive mase, odlična konverzija hrane u živu masu, nizak mortalitet) i klaoničkim (visok udio prsa i batkova sa zabatcima u trupu) obilježjima (Kralik i sur., 2007). Usporedbu utjecaja različitih hibrida na svojstva tovnosti i kakvoće mesa pilića na hibridima Ross 308 i Cobb 500 proveli su Kralik i sur. (2007), pri čemu su pilići tovljeni u jednakim uvjetima okoliša i prema preporukama proizvođača hibrida. Utvrđeno je kako do 3. tjedna tova nije bilo statistički značajnih razlika u masama između istraživanih skupina pilića, međutim, od 4. tjedna do kraja tova utvrđen je statistički značajan utjecaj spola na ostvarene mase pilića. Muški pilići oba hibrida pokazali su statistički značajne razlike u odnosu na ženske piliće. Uz to je vezana i konzumacija i konverzija hrane, te prirast. Udjeli osnovnih dijelova trupa bili su u skladu sa spomenutim vrijednostima rasta i prirasta, kao i udjeli tkiva u prsima i trupu.

2.1.1. Sastav krmiva i krmnih smjesa

Osnovni zahtjev hranidbe životinja je udovoljiti potrebama rasta i razmnožavanja životinja. Kod životinja koje se drže sa svrhom proizvodnje mesa ili mlijeka nužno je osigurati pravilan omjer svih hranjivih tvari kako bi se u konačnici dobio nutritivno vrijedan proizvod ili sirovina namijenjena za daljnju preradu.

Zbog specifičnosti građe i funkcije probavnog sustava peradi, hranidba peradi razlikuje se od hranidbe drugih vrsta domaćih životinja (Kralik i sur., 2011).

Za tov pilića koriste se potpune krmne smjese čiji je zadatak osigurati energiju, proteine, vitamine, minerale i druge potrebne dodatke. Stoga se za tu svrhu koriste tri vrste krmnih smjesa – početna (starter), porasna (grower) i završna (finisher). Glavna komponenta u krmnim smjesama su žitarice, odnosno kukuruz, a zatim tostirana soja, sačma suncokreta, dehidrirana lucerna i drugo (Kralik i sur., 2007; Kralik i sur., 2011; Sanchez-Muros i sur., 2014; Domaćinović i sur., 2015; Janječić i sur., 2023). U **Tablici 1** prikazani su sastavi krmnih smjesa

za 1. – 14. dan (početna – starter), 15. – 28. dan (porastna – grower) i 29. dan do kraja tova (završna – finisher).

Tablica 1 Sastav smjese za tov pilića (Kralik i sur., 2007)

Sastojak, %	Početna - Starter	Porast - Grower	Završna - Finisher
	1. – 14. dan	15. – 28. dan	29. dan do kraja tova
Kukuruz (7,5 %)	34,61	43,64	48,45
Sojina sačma (46 %)	24,58	19,15	14,48
Tostirana soja	23,24	24,93	23,68
Suncokretova sačma (30 %)	7,68	2,00	-
Suncokretovo ulje	5,00	5,00	5,00
Suncokretova pogača	-	-	3,00
Lucerna	-	1,00	1,50
Vapnenac	1,74	1,41	1,33
Monokalcij fosfat	1,83	1,63	1,51
Stočna sol	0,30	0,30	0,30
Sintetički lizin	0,19	0,14	0,04
Sintetički metionin	0,33	0,30	0,21
Premiks PR	0,50	0,50	0,50
UKUPNO	100	100	100

Hascik i sur. (2010) pratili su utjecaj komercijalno proizvedenih krmnih smjesa na iskorištenje hrane i proizvodna svojstva hibrida Cobb 500, Hubbard JV i Ross 308, držanih u istim uvjetima tijekom 42 dana tova. Tijekom prva tri tjedna pilići su hranjeni početnom smjesom koja je sadržavala 20% sojine sačme, 35 % kukuruza, 35,83 % pšenice te ostale potrebne komponente, dok su od 22. do 42. dana tova hranjeni sa porasnom smjesom koja je bila sačinjena od 21 % sojinog obroka, 40 % kukuruza te 31,21 % pšenice, uključujući opet ostale komponente. Zaključeno je kako hibrid Ross 308 pokazao najbolja svojstva u vidu povećanja tjelesne mase i najniže vrijednosti konverzije na kraju tovnog perioda, kao i najbolje vrijednosti ostalih tehnoloških parametara. Novija istraživanja (Martinez i Valdiva, 2021) provedena na Ross 308 brojlerima pokazala su da se primjenom različitih hranidbenih tretmana mogu dobiti pozitivni pomaci u pogledu završnih masa pilića i konverzije hrane. Naime, u spomenutom istraživanju uspoređivana su četiri hranidbena tretmana (Aviagen (2019), NRC (1994), FEDNA (2018) i

Rostagno (2017)) u trajanju od 35 dana. Rezultati su pokazali kako su završne mase, te konverzija hrane bili najbolji kod Avigen (2019) tremana. Skupina Ross 308 pokazala je najveći unos hrane zahvaljujući većoj tjelesnoj masi, iako bez smanjenja omjera konverzije hrane tijekom cijele eksperimentalne faze. Konačni rezultat pokazao je najveći udio bjelančevina (23,88%), te udio masti (1,15%) koji nije bio sastistički raličit od rezultata dobivenih FEDNA tretmanom. Zaključno, obroci formulirani u skladu s prehrambenim zahtjevima Ross 308 poboljšali su učinak rasta tijekom cijele pokusne faze brojlera u usporedbi s drugim testiranim skupinama.

U krmnim smjesama važan je odnos proteina i energetske vrijednosti. Obzirom na intenzivan porast mase trupa visoke su potrebe za aminokiselinama, posebno za lizinom, metioninom, triptofanom, cistinom i argininom, stoga se u smjese dodaju krmiva životinjskog porijekla ili sintetske aminokiseline. U svrhu zadovoljenja energetske potreba pilića tijekom tova u hranu se dodaju masti. Udio pojedinih komponenti u hrani mijenja se ovisno o dobi pilića i mogućnosti metaboliziranja pojedinih hranidbenih komponenti.

U **Tablici 2** prikazan je kemijski sastav krmnih smjesa.

Tablica 2 Kemijski sastav krmnih smjesa (Kralik i sur., 2007; Kralik i sur., 2011)

Sastojak, %	Početna - Starter	Porast - Grower	Završna - Finisher
	1. – 14. dan	15. – 28. dan	29. dan do kraja tova
Kalkulacijski sastav smjesa			
Sirovi proteini, %	24,81	22,05	20,00
Sirova mast, %	11,35	11,90	12,30
Sirova vlakna, %	5,00	3,96	4,22
Pepeo, %	5,74	5,09	4,93
Lizin, %	1,44	1,25	1,05
Metionin, %	0,71	0,64	0,52
Triptofan, %	0,31	0,27	0,25
Arginin, %	1,66	1,41	1,27
Ca, %	1,05	0,90	0,85
P, iskoristivi	0,50	0,45	0,42
Na, %	0,16	0,16	0,16
Linolna kiselina, %	8,30	7,86	7,22
ME (MJ/kg)	12,64	13,30	13,50

Aktivnost mikroorganizama u probavnim organima peradi je neznatna, zbog čega izostaje sinteza aminokiselina i vitamina, a također je neznatna i razgradnja celuloze (Kralik i sur., 2008.). Visoka probavljivost razlog je vrlo dobrog iskorištenja hrane za sintezu tkiva organizma u porastu. Izražen brzi porast tjelesne mase mlade peradi i niža energetska vrijednost prirasta, razlog su da je u peradi konverzija hrane za kilogram prirasta najniža, ispod 2 kg (Domaćinović i sur., 2015). Rast pilića je, zahvaljujući visokoj efikasnosti iskorištavanja hrane, vrlo intenzivan. Novija istraživanja pokazuju kako se za 1,50 – 1,71 kg hrane, proizvede 1 kg žive mase tovnih pilića već u dobi od 35 dana (Martinez i Valdivie, 2021) Ovako intenzivna proizvodnja u peradi zahtjeva izbalansirane obroke u svim hranjivim sastojcima.

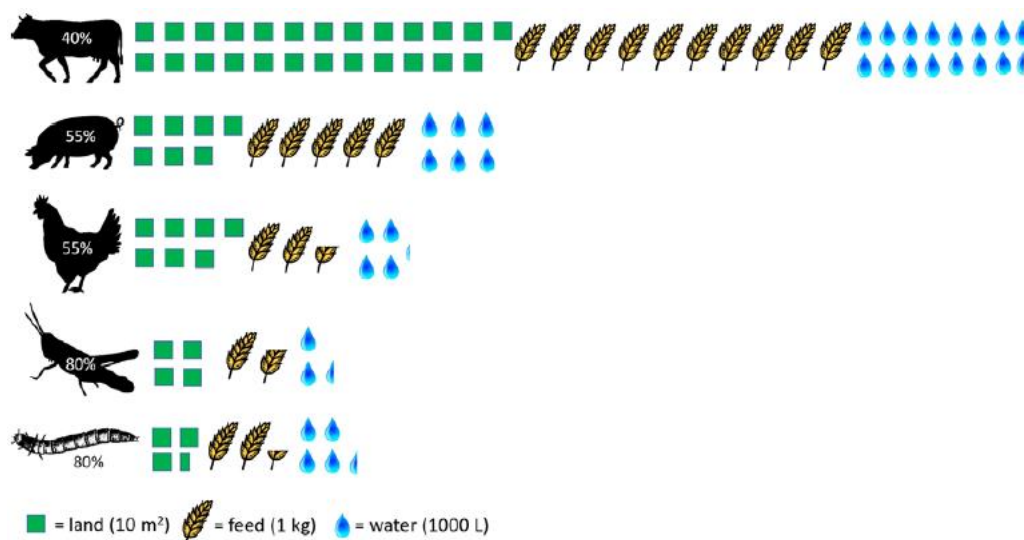
Već iz prethodno prikazanih tablica je vidljivo kako se prilikom sastavljanja smjese za perad koriste različita krmiva, čijim se pravilnim kombiniranjem mogu zadovoljiti hranidbene potrebe peradi u pogledu hranjivih sastojaka. Stoga se u tu svrhu koriste žitarice i proteinska krmiva biljnog porijekla, a u novije vrijeme moguće je koristiti i proteinska krmiva životinjskog porijekla.

Žitarice podrazumijevaju pšenicu, kukuruz, ječam, raž i zob te čine veći dio obroka i izvor energije. Kukuruz je najčešće korištena žitarica u hranidbi peradi, ima visoku energetska vrijednost, povoljno djeluje na pigmentaciju kože i boju žumanjka u jajetu. Međutim, deficitaran je u proteinima, nekim aminokiselinama, vitaminima i mineralima, pa ga je u smjesama potrebno kombinirati sa drugim krmivima. Ječam je žitarica koja povoljno utječe na kvalitetu mesa (Kralik i sur., 2008.), ali kako je teže probavljiv u smjesu je potrebno dodati enzimatske pripravke zbog poboljšanja probavljivosti. Osim toga, slabije je energetske vrijednosti, kao i pšenica, zob i sirak, te prilikom sastavljanja smjese treba voditi računa o pravilnoj uravnoteženosti sastojaka.

Od proteinskih krmiva biljnog porijekla, prema biološkoj vrijednosti, najkvalitetnija je soja, koja je bogata lizinom, a sadrži i dosta arginina, metionina, cisteina, triptofana i glicina. Osim toga, soja ima visoku nutritivnu vrijednost i visoki koeficijent probavljivosti (Sanchez-Muros i sur., 2014). Domaćinović i sur. (2015) navode da su sojina sačma i pogača nutritivno najkvalitetnija biljna proteinska krmiva jer sadrže 40 – 50 % sirovih proteina, te se u hranu za perad ugrađuju u najvećem udjelu. Međutim, usprkos dobroj hranjivoj vrijednosti, uporaba ovih krmiva u posljednje vrijeme je sve manja, jer nisu konkurentna cijenom, a dodatni nedostatak je i velika podložnost razvoju patogenih mikroorganizama te uslijed toga i učestala

kontaminacija peradi. Prema izvještaju FAO iz 2023. godine soja je bila, na svjetskoj razini, tek osma po redu zastupljenosti od poljoprivrednih kultura, s proizvodnjom od 371,39 miliona tona godišnje. Od poljoprivrednih kultura prethode joj šećerna trska (1 859 miliona tona), kukuruz (1 210 miliona tona), riža (787 miliona tona) i pšenica (770,88 miliona tona). No važno je isaknuti da su se površine zasijane pod sojom te proporcionalno s tim i količine proizvedene soje u posljednjih dvadeset godina povećale za preko 200 miliona tona.

Međutim, masovna proizvodnja soje u posljednje vrijeme negativno se odražava na pitanja okoliša (Sanchez-Muros i sur., 2014). Povećanje proizvodnih površina pod sojom dovodi da smanjenja površina pod šumama koje imaju visoku biološku vrijednost (Sanchez-Muros i sur., 2014; Osava, 1999). Također, dolazi do iznimno velikog korištenja vodnih resursa (Steinfeld i sur., 2006), te s treće strane do masovne upotrebe gnojiva i pesticida (Sanchez-Muros i sur., 2014) koji značajno zagađuju i uništavaju okoliš (Osava, 1999). Za proizvodnju kukaca ne troše se vrijedni resursi, kao što su tlo i voda u količinama koje su potrebne za proizvodnju bilja, stoga je potrebno puno manje energije u odnosu na tradicionalni uzgoj životinja (van Broekhoven i sur., 2014; Wang i Shelomi, 2017; Kappi i sur., 2019). Dobermann i sur. (2017) (**Slika 1**) te Kauppi i sur. (2019) usporedili su istraživanja vezano za stope konverzije hrane za životinje za proizvodnju mesa, pri čemu je ustanovljeno kako je potrebno 10 kg hrane za proizvodnju 1 kg govedine, 5 kg hrane za proizvodnju 1 kg svinjskog mesa i 2,5 kg hrane za proizvodnju 1 kg piletine, dok je za proizvodnju 1 kg kućnog šturka (*Acheta domesticus*) potrebno samo 1,7 kg hrane. Količine vode koje se promatraju kao vodeni otisak također su značajne i iznose 15 415 m³/t za proizvodnju 1 kg govedine, 5988 m³/t za proizvodnju 1 kg svinjetine te 4325 m³/t za proizvodnju 1 kg piletine, što je približno koliko i za proizvodnju 1 kg velikog brašnara (*T. molitor*).



Slika 1 Količina zemlje, hrane i vode potrebnih za proizvodnju 1 kg žive životinje i jestivi udio životinja (Dobermann i sur., 2017)

Proteinska krmiva animalnog porijekla koja se koriste u hranidbi peradi su riblje brašno, mesno i mesno - koštano brašno te stočni kvasac. Slično kao i kod proteinskih krmiva biljnog porijekla, masovna proizvodnja ovih krmiva predstavlja prijetnju za okoliš i nesiguran izvor krmiva animalnog porijekla (Sanchez-Muros i sur., 2014). Prema podacima Informacijskog sustava za izvore hrane za životinje animalnog porijekla FAO, količine ribljeg brašna ovise o ulovu, čime je njegova proizvodnja kvalitativno i kvantitativno varijabilna. Nadalje, uništavanje morskog okoliša rezultiralo je smanjenjem proizvodnje ribljeg brašna, odnosno povećanjem njegove cijene. Prema podacima Međunarodnog monetarnog fonda za 2010. godinu cijene su porasle sa 600 US dolara na 2000 US dolara po toni u odnosu na 2005. godinu, s očekivanim trendom rasta. Ovakva situacija naglašava važnost otkrivanja i korištenja novih i obnovljivih izvora proteina za potrebe hranidbe životinja koje se koriste u prehrani ljudi (Sanchez-Muros i sur., 2014; Manzano-Agugliaro i sur., 2012).

2.1.2. Iskorištenje hranjivih tvari i energije

Najznačajniji izvor energije kod peradi su ugljikohidrati (nedušična ekstraktivna tvar, NET), a potom slijede masti. Iako su masti energetske najvrijednije (1 g masti ima energiju od 39,7 kJ, a 1 g škroba 17,3 kJ), nisu zastupljene u većoj količini u hrani, dok proteini služe kao energija samo u slučajevima suviška. Istraživanjima je dokazano da se dodavanjem masti u količini od 5 % povoljno djeluje na iskoristivost energije i proizvodni učinak u peradi (Domaćinović i sur., 2015).

Energetska vrijednost hrane i energetske potrebe peradi izražavaju su u metaboličkoj energiji (ME). Europska preporuka za izračunavanje metaboličke energije hrane za perad dana je formulom: $ME \text{ (MJ/kg)} = 0,1551 \times \text{g sirovih proteina} + 0,3431 \times \text{g sirovih masti} + 0,1669 \times \text{g škroba} + 0,1301 \times \text{g šećera}$ (Domaćinović i sur., 2015; Kralik i sur., 2008). U **Tablici 3** navedeni su podatci o energetske potrebama u uzgoju pilića po danima tova za Ross 308 brojere za ciljane težine od 2,5 – 3,0 kg.

Tablica 3 Energetske potrebe u uzgoju pilića (Ross 308 Performance objectives, 2014)

Dob (dani)	Energija	
	kcal	MJ
0 - 10	3000	12,55
11 - 24	3100	12,97
25 - 39	3200	13,39
40 - tržište	3200	13,39

Nakon potreba za energijom, proteini su količinom druga dominantna tvar u hranidbi peradi, a po fiziološkoj funkciji su osnovne organske građevne tvari.

Nutritivna uloga proteina u hrani za perad danas se promatra sa stajališta poznavanja strukture aminokiselina u njenom sastavu. Vrijednost proteina u sastavu hrane za perad određuje njihov aminokiselinski profil, a ne njihova količina. Osobito se naglašava vrijednost esencijalnih aminokiselina, koje perad ne može sintetizirati u svom organizmu, nego ih mora primiti hranom u potrebnim količinama.

Za precizno uravnotežavanje potreba za aminokiselinama kod peradi potrebno je poznavati svojstva proteina, njihovu strukturu i obujam sinteze u animalne proteine u organizmu. Potrebe za proteinima izravno su povezane s njihovim različitim udjelom u tkivima organizma i proizvodima (Domaćinović i sur., 2015). U **Tablici 4** prikazana je zastupljenost različitih aminokiselina u tkivima i proizvodima peradi te njihov utjecaj na neka stanja kod peradi.

Tablica 4 Najveća zastupljenost aminokiselina u peradi (Angel i sur., 2011)

Tkivo, proizvod, stanje	Najvažnija aminokiselina
Mišićno tkivo	lizin
Jaje	lizin i sumporne aminokiseline

Perje	cistein i treonin
Koštano tkivo	glicin i prolin
Krv	lizin i arginin
Stresna stanja	triptofan i arginin
Kemijske tvari za održavanje imunog sustava	treonin

Potrebe za dušikom u hranidbi peradi zadovoljavaju se putem esencijalnih aminokiselina i B-vitamina koji sadrže dušik. Zato uobičajena hrana za perad sadrži mnoštvo dušikovih spojeva, uključujući i neesencijalne aminokiseline. Perad može sintetizirati sve tjelesne proteine, nukleinske kiseline i druge spojeve koji sadrže dušik uz minimalne prehrambene zahtjeve. Relativna važnost anaboličkih (biosintetskih) i kataboličkih (biorazgradnih) puteva varira između tkiva i organa, a osim toga se razlikuje kod peradi u fazi rasta u odnosu na odrasle jedinke (Kralik i sur., 2008). Nutritivna vrijednost dodanih aminokiselina kod peradi ponekad proizlazi i iz njihove specifične uloge u metabolizmu, odnosno preuzimanja uloge provitamina. Na primjer, triptofan u suvišku može biti metabolit u sintezi niacina, a metionin vitamina kolin klorida.

Kao što je već rečeno, izvor ugljikohidrata u hrani za perad su žitarice (kukuruz, ječam, pšenica) koji se kod peradi najvećim dijelom pohranjuju u obliku glikogena, a između tkiva se prenose krvlju u obliku glukoze. Biosinteza glukoze je reduktivni proces koji troši energiju, dok je razgradnja oksidativni proces kojim se oslobađa značajna količina energije u obliku ATP-a. Za oba procesa potrebno je sudjelovanje enzima. Ravnoteža između sinteze i razgradnje glukoze ovisi o njezinom unosu u stanice i nije jednaka za različita tkiva. U tkivima sisavaca glukoza prelazi u stanice procesom olakšane difuzije uz pomoć skupine proteinskih prenosilaca, za razliku od procesa koji se odvija kod ptica. Iako je prijenos glukoze u stanice eritrocita čovjeka vrlo intenzivan, kod peradi je taj prijenos zanemariv zbog slabe propusnosti membrane eritrocita. Stoga, kada se eritrociti peradi vežu s glukozom ne sintetizira se ATP, jer se glukoza ne prenosi u stanice. Međutim, vežu li se s adenozinom ili adenozinom i glukozom, ATP se sintetizira. U drugim tkivima ptica, pa tako i peradi (skeletnom mišiću, masnom tkivu i mozgu) prijenos glukoze jednak je kao i kod sisavaca, čime su omogućene brojne biosintetske aktivnosti odgovorne za normalno funkcioniranje organizma (Stryer, 1991; Stevens, 2004, Kralik i sur., 2008). Fiziološke potrebe peradi prilagođene su enzimatskom tipu probave i resorpciji ugljikohidrata: glukoze i fruktoze kao jednostavnih šećera, maltoze i saharoze kao disaharida te glikogena i škroba kao polisaharida. Važno je istaknuti da strukturne polisaharide (celulozu

i hemicelulozu), odnosno vlakna, perad vrlo slabo iskorištava te u slučaju njihove povećane koncentracije, oni predstavljaju ograničavajući čimbenik iskoristivosti drugih, inače lako probavljivih, sastojaka obroka (Domaćinović i sur., 2015).

Kao izvor energije u hranidbi peradi, te kao važan izvor masnih kiselina, prvenstveno linolne i linolenske, koje kod peradi imaju karakter esencijalnih masnih kiselina, potrebne su masti. Zbog toga se njihova količina u hrani za perad normira na 1%, a kod mladih kategorija u porastu na min 1,5 %. Manjak masnih kiselina može utjecati na povećani mortalitet embrija u inkubiranju. Masti kao hranjive tvari kod peradi imaju visoki stupanj iskorištenja, čak do 90 %, a najkorisnije su za mlade tovne kategorije kod kojih se podizanjem razine energije u hrani potiče iskorištenje hrane i rast (Domaćinović i sur., 2015).

Perad ima vrlo veliki kapacitet za biosintezu masti, pri čemu se ukupna količina masti udvostruči u prvih 6 tjedana rasta peradi. Većina nakupljene masti u masnom tkivu potječe iz hrane, međutim, kapacitet za sintezu masti znatno je veći u jetri. Što se tiče masnih kiselina, njihova sinteza se odvija u citosolu stanica na razini mitohondrija. Enzimi u citosolu kataliziraju reakcije u kojima nastaje acetyl-CoA, supstrat za sintezu masnih kiselina, te nikotinamid-adenin-dinukleotid (NADPH), koji je neophodni reducens u toj sintezi. Sinteza nezasićenih masnih kiselina zahtjeva aktivnost dodatnih enzima koji uvode dvostruke veze na određene položaje u lancu masne kiseline (Stryer, 1991; Stevens, 2004; Kralik i sur., 2008).

Voda je kod peradi glavni sastojak njihovog organizma i čini oko 75 %. Od te količine, čak 70 % je intracelularna voda, a 30 % ekstracelularna voda i voda u krvi. Tijekom prvih 24 sata života peradi voda je najvažniji nutrijent, a kasnije, tijekom rasta, ključan čimbenik dostatne konzumacije hrane, pravilne razgradnje i resorpcije hranjivih tvari kao i ukupne metaboličke aktivnosti. Manjak vode izravno se odražava na proizvodnost, kao i na zdravstveno stanje peradi. Potrebna količina vode za napajanje peradi računa se na oko 2 do 3 litre vode za svaki kilogram suhe tvari hrane, ali ovisi i o vrsti peradi, njihovom specifičnom metabolizmu, brzini rasta i masi, te spolu i okolišnim uvjetima uzgoja (Domaćinović i sur., 2015).

Unos neuravnotežene hrane s deficitarnim ili pretjerano visokim sadržajem mikroelemenata uzrokuje promjene u koncentraciji minerala u tjelesnim tkivima, a time uzrokuje i promjene u zdravstvenom statusu životinje. Mikroelementi se u organizmu peradi ne mogu sintetizirati samostalno, te se moraju osigurati putem hranidbe (Galović, 2010). Oni imaju značajnu strukturnu, fiziološku, hormonsku i regulatornu ulogu u organizmu peradi. Organski minerali imaju različit utjecaj na metabolizam u usporedbi s anorganskim izvorima. Poznata je njihova

veća bioraspoloživost, iskoristivost i povoljan utjecaj na imunitet, proizvodne pokazatelje te smanjeno izlučivanje u fecesu. Neophodni su za izgradnju koštanog tkiva, hormona, strukturnih proteina, hemoglobina te enzima koji omogućavaju odvijanje brojnih fizioloških procesa. Na taj način mikroelementi doprinose boljem iskorištavanju energije, sintezi proteina, ostvarivanju proizvodno-reproduktivnog potencijala te očuvanju zdravlja peradi. Sudjeluju u unutar- i izvanstaničnoj ionskoj ravnoteži, kao i u reguliranju endokrinih funkcija. U životinjskim se tkivima mineralne tvari (anorganske i organske) nalaze u različitim koncentracijama i u relativno malim količinama, svega 3-5 % ukupne tjelesne mase (Domaćinović, 2006). Potrebna količina mineralnih elemenata u hrani za životinje je razmjerno mala, ali je neophodna njihova pravilna i dostatna opskrba za normalno funkcioniranje organizma i njegovu proizvodnju. Količine dodanih minerala u hranu temelje se na preporukama NRC (Nacionalni istraživački savjet), prema istraživanjima iz 1960-ih i 1970-ih godina (Vieira, 2008).

Također, u mnogim enzimatskim procesima sudjeluju i vitamini (osim vitamina D i E), koji također imaju vrlo važnu ulogu u organizmu peradi. Neke od potrebnih vitamina perad može sintetizirati samostalno, ali samo u vrlo malim količinama, tako da glavnu opskrbu vitamina perad mora primiti putem hrane. Neki od vitamina koje perad može sintetizirati su vitamin D3 i niancin u jetri, a u cekumu i debelom crijevu usred mikrobiološke aktivnosti mogu se sintetizirati vitamin B12 i folna kiselina, ali koji se u cekumu ne mogu resorbirati (Kralik i sur., 2008). Vitamin A ima važan fiziološki značaj, utječe na razmnožavanje i regeneraciju stanica, posebice kod mladih pilića. Neophodan je za izgradnju epitelnih stanica, omogućuje normalni rast i razvoj kostiju te funkciju vida. Ukoliko dođe do nedostatka ovog vitamina, u ranijim stadijima dolazi do slabijeg iskorištenja aminokiselina, usporenog rasta i pojave noćnog sljepila (Domaćinović, 2006).

Vitamin D nastaje pod utjecajem sunčeve svjetlosti djelovanjem ultraljubičastih zraka na ergosterol i druge sterole. Ima ulogu u pravilnoj regulaciji minerala kalcija i fosfora. Najbolji izvori vitamina D su krmiva životinjskog podrijetla (Domaćinović, 2006).

Vitamin E ima specifičnu ulogu u funkcioniranju muških i ženskih spolnih organa, sudjeluje u stabilizaciji nezasićenih masnih kiselina i biološki je antioksidans. Ukoliko dođe do nedostatka ovog vitamina može doći do pojave točkastog krvarenja u mozgu, što za posljedicu ima nevoljno kretanje te distorziju vratnih kralježaka (Domaćinović, 2006).

Vitamin K ima osnovnu funkciju u zgrušavanju krvi. Ukoliko dođe do nedostatka ovog vitamina, dolazi do smanjenja koncentracije protrombina u krvi. Također može doći do pojave anemije (Domaćinović, 2006).

Najznačajniji vitamini topivi u vodi za perad su: biotin, riboflavin, niacin, pantotenska kiselina, vitamin B12 i vitamin C (Srebočan i Gomerčić, 1996.). Biotin sprječava pojavu dermatitisa, dok kolin pozitivno djeluje na rast mladih pilića. Nedostatak ovih vitamina izaziva perozu, no njihov se nedostatak može nadomjestiti aminokiselinom metioninom. Niacin perad može sintetizirati sama iz aminokiseline triptofana, ali samo u ograničenim količinama, pa se i ovaj vitamin dodaje u smjese za perad. Vitamin B3, odnosno pantotenska kiselina, je potrebna za rast i normalnu funkciju živčanog sustava. Riboflavin, odnosno vitamin B2 je potreban za rast i normalno zdravstveno stanje peradi. Vitamin B12 vrlo je važan za normalan rast pilića i razvoj embrija. Perad ga ne može sintetizirati, te se stoga mora primati putem hrane, dok vitamin C ima povoljan utjecaj na rast peradi, utječe da na dobru proizvodnost i smanjuje pojavu stresa za vrijeme toplih ljetnih mjeseci (Domaćinović, 2006).

2.2. HRANIDBA PILIĆA ZAMJENOM DIJELA PROTEINA HRANOM NA BAZI KUKACA

U posljednjem desetljeću istraživanja usmjerena na upotrebu kukaca kao izvora energije, hrane i hrane za životinje ukazuju na važne prednosti za okoliš, gospodarstvo i osiguranje dovoljne količine hrane u svijetu (Payne i sur., 2016; Kumar i sur., 2017; Majdak i sur., 2019; Ferri i sur., 2019). Uzgoj kukaca zahtjeva niže kapitalne investicije bez potrebe za obradom tla, koji ne ovisi o vremenskim uvjetima, što je veliki izazov kod proizvodnje bilja potrebnog za hranidbu životinja. Njihov uzgoj karakterizira manje ispuštanje stakleničkih plinova u odnosu na većinu životinja (van Huis i sur., 2013; Oonincx i sur., 2010; Ferri i sur., 2019), a mnogi autori navode da kukci predstavljaju iznimno prikladan izvor proteina (Anankware i sur., 2015; Charlton i sur., 2014; Charlton i sur., 2015; Oonincx, 2014; Petrić i sur., 2016; Wang i Shelomi, 2017). Sve ovo doprinijelo je činjenici da je tijekom posljednjih godina došlo do povećanog interesa za korištenje kukaca u prehrani ljudi i hranidbi životinja, a specifična hranjiva vrijednost kukaca ovisi o njihovim vrstama, uzgoju i preradi (Kelemu i sur., 2015; van Huis, 2015; Maurer i sur., 2015; Argetti i sur., 2018).

Kukci imaju drugačije prehrambene navike u odnosu na druge životinje te se mogu hraniti raznim nusproduktima prehrambene industrije i poljoprivredne proizvodnje, ili otpadom koji

potječe iz različitih industrija, klaonica, restorana (viškovi hrane) i slično, a čije zbrinjavanje ima značajno pozitivan ekonomski učinak, kao i povoljan učinak na okoliš (Sealey i sur., 2011; ANSES, 2015; Wang i Shelomi, 2017; Caligiani i sur., 2018). U tom smislu njihov je uzgoj zahvalan i sa stajališta održivog razvoja, budući da se uzgajaju u uzgajalištima koja ne moraju biti visoko sofisticirana, niti posjedovati skupocjenu opremu. Za samu proizvodnju ne zahtijevaju veliku površinu, kao ni velike količine vode, u usporedbi s proizvodnjom biljnih krmiva (Sealey i sur., 2011; Kappi i sur., 2019). Uzgoj na nejestivom otpadu u zatvorenom ciklusu proizvodnje hrane i energije, predstavlja značajan iskorak u očuvanju okoliša i energije (Wang i Shelomi, 2017). Svojom aktivnošću kukci mogu transformirati biomasu niske kvalitete u nutritivno vrijedne proteine i tako doprinjeti očuvanju okoliša te boljoj učinkovitosti iskorištenja otpadnih tvari prehrambene industrije kao sekundarnih sirovina za proizvodnju hrane za životinje. Ravindran i Blair (1993) opisali su mogućnosti uzgoja crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) koja se uzgaja na stajskom gnojivu i kućne muhe (*Musca domestica*) kao zamjene za sojino brašno u hranidbi peradi. Novija istraživanja potvrđuju mogućnost djelomične ili potpune zamjene ribljeg brašna s brašnom kukaca u uzgoju peradi, pri čemu je većina istraživanja bila usmjerena upravo na brašno crne vojničke muhe, a potom i kućnu muhu, brašnara, gusjenicu svilene bube, te razne vrste cvrčaka i skakavaca (Hassan Khan, 2018; Ferri i sur., 2019). Skakavci (*Caelifera*) i Mormonski cvrčci (*Anabrus simplex*) također mogu u potpunosti zamijeniti riblju i sojinu komponentu obroka. U Južnom Kivu, Demokratskoj Republici Kongo, Munyuli Bin Mushambanyi i Balezi (2002) istraživali su mogućnost zamjene izuzetno skupog mesnog obroka sa brašnom proizvedenom od žohara (*Blatta orientalis*) i termita (*Kaloterms flavicollis*). Njihova studija je pokazala da brašno kukaca može zamijeniti sastojak mesnog obroka kada je ono ugrađeno u hranu za životinje. Ramos Elorduy i sur. (2002) proveli su slične pokuse sa brašnarima (*Tenebrio molitor*), uzgajajući ih na hranjivim otpadnim proizvodima te su njima hranili kokoši i piliće. Brašnari su uspjeli pretvoriti nisko hranjive otpadne proizvode u obrok bogat proteinima, čineći *Tenebrio molitor* obećavajućim alternativnim izvorom proteina, osobito kao zamjenu za sojino brašno u hrani za perad. Slični rezultati dobiveni su i u pokusima s mormonskim cvrčcima (*Anabrus simplex*), kućnim šturkom (*Acheta domesticus*), dudovim svilcem (*Bombyx mori*), manjim brašnarom (*Alphitobius diaperinus*), kestenjastim brašnarom (*Tribolium castaneum*) i termitima (*Isoptera*), (Elorduy i sur., 2002). U Indiji, gdje je peradarska industrija jedna od najbrže rastućih industrija u području stočarstva, ali koristi skupi kukuruz kao sastojak hrane, ugrožen je opstanak poljoprivrede. Korištenje kukaca proizvedenima na otpadu, koji je do sada bio korišten samo za proizvodnju

bioplina i kompostiranje, za hranidbu peradi, pokazalo je bolje rezultate od onih dobivenih konvencionalnim načinom hranidbe (Krishnan i sur., 2011).

Ukoliko bi se kukci koristili kao hrana za životinje, morali bi se uzgajati u industrijskim uvjetima. Kako perad, svinje i ribe koriste više od 75 % hrane proizvedene u svijetu, potencijal industrije za proizvodnju kukaca kao novog izvora proteina je izuzetno visok. Industrijska proizvodnja ličinki muha na organskom otpadu zahtjeva postupno povećanje proizvodnog kapaciteta i optimizaciju proizvodnje, pa su se brojne kompanije u svijetu uključile u rješavanje problema. Trenutno postoje kompanije koje su sposobne proizvesti 20 tona ličinki muha na dan, od čega se dobije sedam tona hrane i tri tone ulja od kukaca. Uzimajući u obzir da se potrebe za hranom za perad svakodnevno povećavaju, svakodnevno raste i interes za korištenjem hrane porijeklom od kukaca, kao alternativnog izvora proteina. Stoga, kukci imaju veliki tržišni potencijal, kao hrana za životinje. U 2014. godini godišnja proizvodnja hrane za životinje na globalnoj razini iznosila je 980 milijuna tona (što iznosi oko 460 milijardi dolara), od kojih je 45 % predodređeno kao hrana za perad, 27 % za svinje, 20 % za preživače, 4 % za vodene životinje, 2 % za kućne ljubimce, te po 1 % za konje i ostale životinje (van Huis, 2015). U ovom trenutku se procjenjuje da su troškovi proizvodnje hrane porijeklom od *Hermetia illucens* veći u odnosu na proizvodnju soje, međutim, kako je globalni interes za proizvodnju hrane od kukaca za potrebe peradarske industrije u porastu, pretpostavka je da će budući tehnološki razvoj dovesti do smanjenja troškova ove proizvodnje (Leiber i sur., 2017).

Zbog kontinuiranog porasta broja stanovnika u posljednjih nekoliko desetljeća, značajno se povećala i potrošnja hrane na svjetskoj razini, osobito mesa, koja je u kontinuiranom porastu. Projekcije na globalnoj razini ukazuju na dodatni porast potražnje za mesom kao rezultat povećanih primanja potrošača iz razvijenih zemalja te promjena u prehranbenim navikama stanovništva (Jozefiak i sur., 2016; Allegretti i sur., 2018; Sogari i sur., 2019; Majdak i sur., 2019) Zbog navedenih razloga javlja se potreba za dodatnim izvorom proteina za tov životinja iz održivih izvora, u što se ubraja i farmski uzgoj kukaca (van der Spiegel i sur., 2013; Cullere i sur., 2016; Petrić i sur.; 2016; Wang i Shelomi, 2017; Cullere i sur., 2018; Allegretti i sur., 2018; Caligiani i sur., 2018; Abd El-Hack i sur., 2020). Povećanje broja stanovništva uvjetuje i povećanje količina nastalog otpada, što je dodatno zabrinjavajuće pitanje u kontekstu očuvanja i zaštite okoliša. Jedna od najinovativnijih tehnologija koja se razvija u svrhu smanjenja otpada upravo je biokonverzija uz pomoć kukaca (Rumpold i sur., 2013; Lamsal i sur., 2018; Caligiani i sur., 2018).

Obzirom na očekivani porast broja stanovnika na svijetu, FAO ističe pitanje dostatnosti hrane u svijetu, koja će se posebno odraziti na zemlje u razvoju (FAO, 2012; Belluco i sur., 2013; FAO, 2013). Među mogućim rješenjima ovog problema, FAO u svom izvještaju preporučuje uzgoj kukaca u industrijskim mjerilima, o čemu su posebno pisali van Itterbeek (2013), van Huis (2013; 2015) te Allegretti i suradnici (2018). Također, prema podacima FAO, kao i podacima brojnih drugih autora (Wane-Wright, 1991; Ramos-Elorduy i sur., 2002; Ramos-Elorduy, 2009; Ayeko i sur., 2010; Meyer-Rochow i sur., 2013; Lensvelt i sur., 2014; Ferri i sur., 2019), blizu 2,5 milijarde ljudi na svijetu u svojoj prehrani redovito konzumira kukce.

Osim što su važan izvor nutrijenata, zbog sadržaja visoko vrijednih proteina koje učinkovito pretvaraju iz dušičnih spojeva, kukci su i bogat izvor zdravstveno prihvatljivih masnoća, te sadrže visoku koncentraciju kalcija, željeza i cinka (Premalatha, 2011; Rettore i sur., 2016; Kumar i sur., 2017; Roos i van Huis, 2017; Allegretti i sur., 2018; Hassan Khan, 2018). Zbog visokog reproduktivnog koeficijenta, u odnosu na ostale životinjske vrste, kukci se navode kao sveprisutni i sposobni za brzo razmnožavanje tijekom cijele godine (Nakagaki i Defoliart, 1987; van Huis i sur., 2013; Anankware i sur., 2015), u kontroliranim uvjetima. Primjerice, *Acheta domesticus*, kućni šturak, može izleći i do 1500 jajašaca mjesečno (ANSES, 2015; Wang i Shelomi, 2017). Kukci imaju vrlo učinkovitu konverziju hrane jer ne koriste energiju za održavanje tjelesne temperature (Nijdam i sur., 2012; Rumpold i sur., 2013).

Kako hrana za životinje mora sadržavati određenu količinu proteina, a budući da kukci sadrže od 42 do 63 % sirovih proteina, i više od 36 % masti s visokim udjelom nezasićenih masnih kiselina (Makkar i sur., 2014; Kauppi i sur., 2019), smatra se da mogu zamijeniti dio tradicionalne hrane za životinje (Makinde, 2015). Odgovarajući sastav, pa i okus, hrane porijeklom od kukaca u hranidbi peradi, svinja, nekih vrsta riba i preživača pokazao je da takva hrana može zamijeniti 25 -100 % sojinog ili ribljeg brašna ovisno o vrsti životinja za koju je namijenjena (Anankware i sur., 2015; van Huis, 2015).

Kumar i sur. (2017) izvještavaju kako jestivi kukci sadrže znatne količine višestruko nezasićenih masnih kiselina i esencijalne aminokiseline kao što su linolna i α -linolenska kiselina koje igraju važnu ulogu u rastu i razvoju djece. Jestivi skakavac (*Ruspolia dfferens*), afrička palmira pipa (*Rhynchophorus phoenicis*) sa sadržajem masti od 67 % odnosno 54 % sadrže palmitoleinsku i linolnu kiselinu kao glavne masne kiseline. Termiti (*Macrotermes* sp.) i moljac iz porodice Saturniidae (*Imbrasia* sp.) sadrže sadržaj 49 % odnosno 24 % palmitinske i oleinske kiselina kao glavnih masnih kiselina u sastavu masti. U tom smislu Wang i Shelomi (2017) govore o obogaćivanju hrane za životinje na ekološki i ekonomski izrazito prihvatljiv

način. Nadalje, ličinke kukaca imaju sve važniju ulogu u hranidbi peradi kao djelomična zamjena za kukuruz ili sirovine na bazi soje, jer se prirodno nastanjuju i razgrađuju upravo feces peradi. Na taj način smanjuju količinu otpada te doprinose smanjenju zagađenja i očuvanju okoliša (Bradley i Sheppard, 1984; Sheppard i sur., 1994; Sheppard i sur., 2002; Wang i Shelomi, 2017; Müller i sur., 2017).

Leiber i sur. (2017) utvrdili su da hrana za tovne piliće, koja sadrži sirove proteine porijeklom od *Hermetia Illucens*, daje slične ili bolje rezultate efikasnosti konverzije u odnosu na proteine soje, te da djelomična zamjena sojine pogače i proteine lucerne ili graška s proteinima *Hermetia illucens* ne utječe na performanse rasta tovnih pilića u usporedbi sa standardnom hranom za perad. De Marco i sur. (2015) proveli su istraživanje o nutritivnim vrijednostima hrane proizvedene od brašna kukaca *Tenebrio molitor* i *Hermetia illucens* korištene u hranidbi tovnih pilića. Rezultati njihovih istraživanja pokazali su da su obje vrste hrane vrijedni izvor lako probavljivih aminokiselina, kao i dobar izvor metaboličke energije, što se posebno odnosi na brašno od *Tenebrio molitor*. Leiber i sur. (2017) zaključili su da su ličinke muhe *Hermetia illucens* dobra alternativa u hranidbi peradi jer sadrže vrlo povoljan sastav aminokiselina s visokim udjelom lizina i metionina. Lee i sur. (2022) također donose pregled istraživanja za period 2018.-2019. u kojima autori izvještavaju o boljoj produktivnosti pilića kada se u hranu dodaje dehidrirana *Hermetia illucens*, te kako se isti učinak očituje i u produktivnosti te ekonomičnosti proizvodnje pataka.

Na poslijetku, iznimno važan doprinos mogućnosti korištenja crne vojničke muhe prikazao je u svojem radu Raman i sur. (2022), dajući primjere ispunjavanja 17 FAO ciljeva održivog razvoja kao prikaz mogućnosti, izazova i rješenja za proizvodnju hrane za životinje porijeklom od crne vojničke muhe.

2.2.1. Vrste kukaca koje se koriste u hranidbi životinja

Upotreba kukaca kao hrana i hrana za životinje datira od pojave čovječanstva. Dokumenti o ovome uočeni su kroz povijena nalazišta, primjerice u koprolitima u planinama Ozark, u Španjolskoj na pećinskim slikama koje prikazuju kolekciju divljih pčela tijekom prapovijesti, te u Kini gdje su se drevne vrste dudova svilca vjerojatno konzumirale prije više od 4000 godina. Pa čak i Biblija spominje skakavce kao izvor hrane za Ivana Krstitelja dok je boravio u pustinji. S razvojem poljoprivrede udomaćene su samo dvije vrste kukaca: *Apis mellifera* L. i *Bombyx mori* L. Objе su se vrste koristile za hranu, ali su imale i druge primjene (oprašivanje, proizvodnja svile), uslijed čega je med je zapravo bio najčešći izvor jednostavnih šećera prije

18. stoljeća. Osim te dvije vrste, kukci su uglavnom skupljani u divljini, jer su druge tehnike bile nedostupne ili neučinkovite. Entomofagija je ostala navika koja se temeljila na prilici jer je trošak sakupljanja bio veći od dobivenih kalorija. Međutim, u tropskim regijama kukci imaju tendenciju bržeg razmnožavanja i rasta zahvaljujući kombinaciji topline i vlage tijekom cijele godine, stoga ne iznenađuje da se entomofagne zemlje s najdužom tradicijom konzumacije i korištenja kukaca u hranidbi životinje nalaze upravo u tropskim i suptropskim regijama (Cortez Ortiz i sur., 2016).

Sanchez-Muros i sur. (2014) izvještavaju da je danas u svijetu poznato oko milijun vrsta kukaca, premda se procjenjuje da je njihova raznolikost na globalnoj razini veća od 80 milijuna. U literaturi se također navodi da je više od 2 000 vrsta kukaca jestivo, a većina ih živi u tropskim zemljama (Khusro i sur., 2012.; Rumpold i sur., 2013.; van Huis, 2013, 2015.). Međutim, Grimaldi i Engel (2005) zaključuju kako je tek otprilike oko 20 % vrsta kukaca identificirano i opisano. Sa stajališta biološke raznolikosti, više od 58 % živih vrsta na zemlji su upravo kukci (Footit i Adler, 2009).

Kukci koji se najčešće koriste u prehrani su iz redova *Coleoptera* (kornjaši ili tvrdokrilci), *Lepidoptera* (leptiri), *Hymenoptera* (opnokrilci), *Othoptera* (ravnokrilaši), *Hemiptera* (polukrilci), *Odonata* (vretenci) i *Diptera* (dvokrilci). Kao hrana za životinje najčešće se upotrebljavaju ličinke muha *Hermetia illucens* (crna vojnička muha) i *Musca domestica* (kućna muha), te manji brašnar (*Alphitobius diaperinus*), osobito veliki brašnar (*Tenebrio molitor*). Ličinke muha vrlo su pogodne za korištenje u hranidbi životinja jer sadrže lako probavljive proteine, s omjerom aminokiselina koji je sličan kao kod soje, te se najčešće koriste kao potpuna ili djelomična zamjena za dio proteina u krmnoj smjesi (Anankware i sur., 2015; Charlton i sur., 2015; van Huis, 2016; Cortez Ortiz i sur., 2016). Međutim, prilikom ovakve proizvodnje hrane za životinje nameću se i pitanja rizika za zdravlje, kako ljudi, tako i životinja. Pitanja sigurnosti hrane od iznimnog su značaja za primjenjivost i mogućnost korištenja kukaca u pogledu hrane za životinje. Khusro i sur. (2012) upućuju na prethodno provedena istraživanja kojima su dokazana oboljenja peradi od ptičje gripe, akumuliranja kadmija u mesu peradi, te prijenosa patogenih bakterija i virusa najvjerojatnije kao posljedica uzgoja kukaca na kontaminiranim supstratima. Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) izradila je 2015. godine profil rizika o mogućim opasnostima prilikom proizvodnje, prerade i konzumacije ovog izvora proteina u prehrani ljudi, a u siječnju 2021. objavila je i prvo znanstveno mišljenje iz područja nove hrane kada su u pitanju kukci. (EFSA, 2015; EFSA 2021). Zbog nedostatka podataka, preporuka EFSA-e je poticanje daljnjih istraživanja vezanih za proizvodnju i korištenje kukaca kao izvora hrane za ljude i hrane

za životinje. Unatoč tome, Europska komisija donijela je 2021. godine uredbu kojom regulira mogućnost korištenja proteina kukaca u proizvodnji hrane za neke životinje, što uključuje i perad (EC, 2021). Ovakva odluka dobrodošla je za proizvođače hrane upravo iz razloga što su kukci prirodan izvor hrane za različite vrste peradi desetljećima. Primjerice, u prirodnom ekstenzivnom uzgoju peradi često se primjeti kako perad jede kukce i njihove razvojne oblike (ličinke) s tla (Sanches-Muros i sur., 2014; Hassan Khan, 2018). Stoga vrijedi razmotriti mogućnost korištenja dehidriranih kukaca kao izvora proteina u konvencionalnoj hranidbi peradi, pogotovo uzimajući u obzir činjenicu da je peradarska proizvodnja u uzlaznoj putanji, a samim tim rastu i potrebe za hranom za perad, osobito uzimajući u obzir činjenicu da je hrana za životinje najskuplja stavka u uzgoju i proizvodnji hrane animalnog porijekla (Ferri i sur., 2019). U **Tablici 5** prikazan je kemijski sastav brašna od pojedinih vrsta kukaca u usporedbi sa kemijskim sastavom ribljeg brašna i sojinog brašna, dok je u **Tablici 6** prikazan aminokiselinski sastav brašna od pojedinih vrsta kukaca u odnosu na riblje i sojino brašno (Makkar i sur., 2014).

Tablica 5 Kemijski sastav brašna od pojedinih vrsta kukaca, ribljeg brašna i sojinog brašna (Makkar i sur., 2014)

Sastojci (% s. tv.)	brašno od crne vojničke muhe	brašno od kućne muhe	brašno od velikog brašnara	riblje brašno	sojino brašno
Sirovi proteini	42,1 (56,9)	50,4 (62,1)	52,8 (82,6)	70,6	51,8
Masti	26,0	18,9	36,1	9,9	2,0
Kalcij	7,56	0,47	0,27	4,34	0,39
Fosfor	0,90	1,60	0,78	2,79	0,69
Omjer Ca:P	8,4	0,29	0,35	1,56	0,57

% s.tv. – maseni udio suhe tvari
vrijednosti u zagradama se odnose na odmašćene sastojke.

Tablica 6 Aminokiselinski sastav (g/16 g dušika) brašna od pojedinih vrsta kukaca, ribljeg brašna i sojinog brašna (Makkar i sur., 2014)

Aminokiseline	brašno od crne vojničke muhe	brašno od kućne muhe	brašno od velikog brašnara	riblje brašno	sojino brašno
ESENCIJALNE					
Metionin	2,1	2,2	1,5	2,7	1,32
Cistin	0,1	0,7	0,8	0,8	1,38
Valin	8,2	4,0	6,0	4,9	4,50
Izoleucin	5,1	3,2	4,6	4,2	4,16
Leucin	7,9	5,4	8,6	7,2	7,58
Fenilalanin	5,2	4,6	4,0	3,9	5,16
Tirozin	6,9	4,7	7,4	3,1	3,35
Histidin	3,0	2,4	3,4	2,4	3,06
Lizin	6,6	6,1	5,4	7,5	6,18
Treonin	3,7	3,5	4,0	4,1	3,78
Triptofan	0,5	1,5	0,6	1,0	1,36
NE-ESENCIJALNE					
Serin	3,1	3,6	7,0	3,9	5,18
Arginin	5,6	4,6	4,8	6,2	7,64

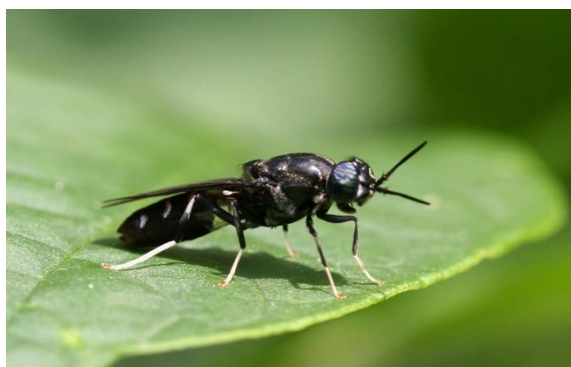
Roos i van Huis (2017) razmatrali su rezultate nekoliko studija koje upućuju na antioksidativno djelovanje kod različitih vrsta kukaca. Poznato je kako antioksidansi imaju potencijal prevencije molekularnih oštećenja u ljudskom tijelu, te se hrana bogata antioksidansima smatra potencijalno korisnom u prevenciji kardiovaskularnih i drugih bolesti. Međutim, antioksidativni učinak porijeklom od kukaca u hrani za životinje potrebno je dodatno istražiti i procijeniti njegov stvarni potencijal.

2.2.2. Karakteristike kukaca koje se najčešće koriste u hranidbi životinja

Kao mogućnost zamjene dijela proteinske komponente u hrani za životinje u dosadašnjim istraživanjima koristilo se brašno ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*), dudovog svilca (*Bombix mori*) i velikog brašnara (*Tenebrio molitor*).

2.2.2.1. Crna vojnička muha

Crna vojnička muha (*Hermetia illucens*) je muha (*Diptera*) iz porodice Stratiomyidae. Široko je rasprostranjena, a prirodno pripada područjima tropskih i suptropskih temperaturnih zona Amerike (Sheppard i sur., 1994; Nyakeri i sur., 2017). Razvojem međunarodnog transporta od 1940. godine proširila se na mnoga druga područja (Leclercq, 1977), stoga je danas prisutna i u južnim dijelovima Europe, te na Balkanskom poluotoku (Müller i sur., 2017). U prirodi nastanjuje područja oko stajnjaka peradi, svinja i krupne stoke. Iz tog razloga poznata je kao stajna muha. Odrasla muha je crne boje, duguljastog oblika i 15 – 20 mm dužine. Ličinke mogu doseći dužinu čak i do 27 mm te širinu do 6 mm. U svom završnom obliku mogu težiti i do 220 mg. Boja im je bjelkasta i neprozirna (Makkar i sur., 2014). Na **Slici 2** prikazana je odrasla crna vojnička muha.

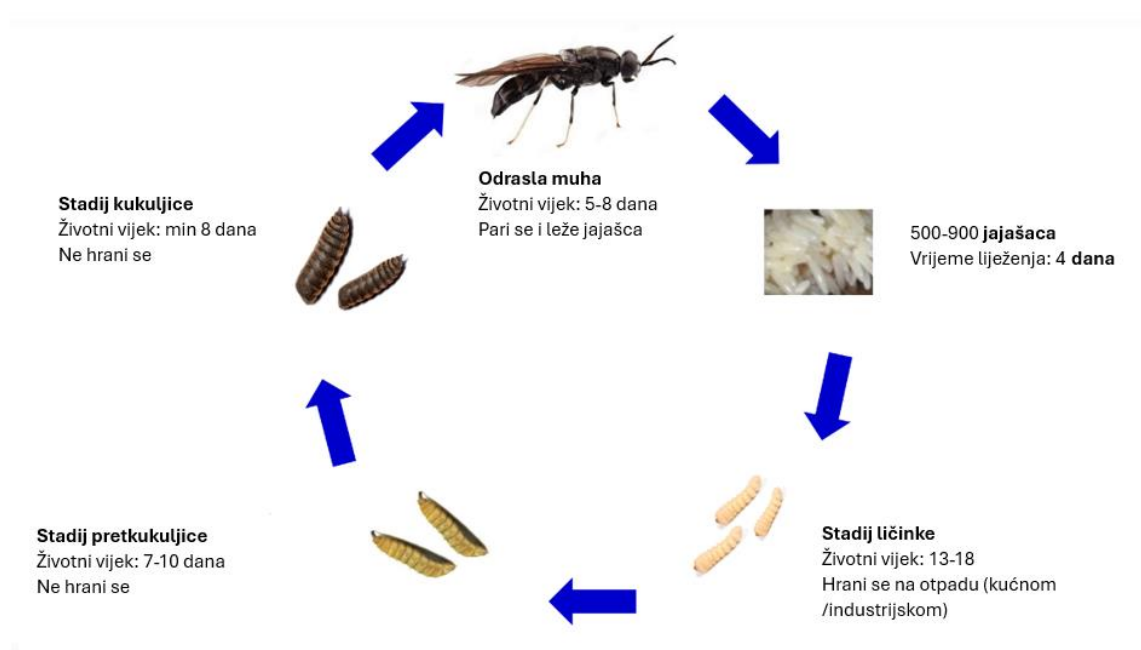


Slika 2 Crna vojnička muha (*Hermetia illucens*)

Izvor: <https://entomologytoday.org/2018/06/08/insects-chicken-feed-benefit-farmers-environment-black-soldier-fly/black-soldier-fly-hermetia-illucens/> (preuzeto: 30.05.2024.)

Ove muhe se iznimno brzo hrane, od 25 do 500 mg svježe tvari po jedinki na dan, koristeći različite vrste organskih materijala kao što su otpad zrna kave, povrća, destilerijski otpad i riblji otpad (nusproizvodi kod prerade ribe), celuloza, životinjski feces i ljudske izlučevine (Diener i sur., 2011; van Huis i sur., 2013; Makkar i sur., 2014), te stoga vrlo brzo rastu. Životni ciklus crne vojničke muhe traje ukupno 45 dana. Proteže se kroz nekoliko stadija: nakon izlijeganja jaja (4 dana) slijedi stadij ličinke (13-18 dana), zatim transformacija u pred kukuljicu (7-10 dana) i kukuljicu (8 dana), te preobrazba u odraslu muhu (9 dana) (**Slika 3**). Tijekom zadnjeg razdoblja uzgoja muha se premješta s hranilišta na suho mjesto kako bi završila metamorfozu. Na kraju stadija ličinke-kukuljice, ličinka isprazni probavni sustav i zaustavlja hranjenje i kretanje (Hardouin i Mahoux, 2003; Makkar i sur., 2014). Odrasle muhe se ne hrane, jer nemaju razvijena usta niti probavni sustav, ne konzumiraju ništa osim vode, ne prilaze ljudima, ne bodu i ne grizu, te nisu prenosnici nikakvih bolesti. Crnu vojničku muhu ne privlače ljudska hrana i

čovjekov životni prostor stoga ne predstavlja smetnju za čovjeka. Životni vijek im je vrlo kratak, svega 2 dana. Osim za hranidbu životinja, ličinke crne vojničke muhe jestive su i za ljude te nisu toksične (Sheppard i sur., 2002; Wang i Shelomi, 2017).



Slika 3 Razvojni ciklus crne vojničke muhe

Izvor: <https://encyclopedia.pub/entry/7597> (preuzeto: 30.05.2024.)

Korištenje crne vojničke muhe u svrhu hrane za životinje u posljednje vrijeme se učestalo razmatra od strane mnogih autora i istraživača (Newton i sur., 1977; Sheppard i sur., 1994; Müller i sur., 2017). Ličinke ovog kukca smatraju se već sada izvrsnom alternativom za proteine u hranidbi riba i peradi, odnosno kao zamjena za riblje brašno i sojino brašno, te sojinu pogaču. Maurer i sur. (2015) navode da *Hermetia illucens* ima sličan, ili čak bolji sastav aminokiselina od soje, pa je njeno korištenje u hrani za životinje ispitivano na različitim životinjama (kokoši, tovni pilići, svinje, afrički som, iverak i kalifornijska pastrva) (van Huis, 2015; Leiber i sur., 2017). Dokazano je da u svojem tijelu mogu nakupljati masnoće i proteine, ovisno o supstratu na kojem se uzgajaju, te se na taj način može regulirati unos masnih kiselina i aminokiselina u prehranu onih životinjskih vrsta koje se uzgajaju za prehranu ljudi.

Iako se crne vojničke muhe mogu komercijalno koristiti u svrhu rješavanja okolišnih problema koji su vezani sa skupljalištima stajnjaka i gnojovki, mogu se uzgajati i na drugim vrstama organskog otpada (Hassan Khan, 2018) smanjujući koncentraciju hranjivih tvari i najveći dio ostataka gnoja (Tomberlin i Sheppard, 2001; Nyakeri i sur., 2017). Osim toga, ličinke mijenjaju

mikrofloru gnoja, potencijalno smanjujući količinu štetnih bakterija (Erickson i sur, 2004.; Liu i sur., 2008). Na primjer, Erickson i sur. (2004) ustanovili su da je aktivnost ličinki značajno smanjila broj *Escherichia coli* 0157: H7 i *Salmonella enterica* u peradarniku, što je vrlo značajan podatak sa stajališta sigurnosti hrane. S druge strane, Müller i sur. (2021) istraživali su uzorke jestivih vrsta kukaca na prisutnost *Escherichie coli* (STEC) otporne na antimikrobne lijekove koja proizvodi Shiga toksin, upravo iz razloga što se kukci uzgajaju na supstratima u kojima je itekako moguća prisutnost patogenih bakterija. Iako je istraživanjem ustanovljeno kako STEC može biti prisutan u jestivim kukcima, što predstavlja potencijalnu opasnost za zdravlje, niska stopa otpornosti među izolatima ukazuje na nizak rizik za prijenos *E. coli* otporne na antimikrobne lijekove. Nadalje, Sheppard i sur. (2008) utvrdili su da ličinke sadrže prirodne antibiotike slične onima kod ličinki muhe zlatare (*Lucilia sericata*) koja se koristi u terapiji čišćenja humanih rana uz pomoć crva, a koja se prakticira zbog prevalencije bakterija otpornih na lijekove (Sherman i Whyte, 1996). Zbog visokog sadržaja sirovih masnoća ove muhe se mogu koristiti i za proizvodnju biodizela na način da se 1 000 ličinki uzgaja na 1 kg stajnjaka stoke ili peradi, pri čemu se ostvari proizvodnja od 36 g, do 91 g biodizela (Li i sur., 2011; Caligiani i sur., 2018; Müller i sur., 2017).

2.2.2.2. Kemijski sastav crne vojničke muhe

Brašno osušene crne vojničke muhe sadrži prosječno 42,1 % proteina i 35 % masti (Newton i sur., 1977) te se stoga može lako čuvati tijekom dužeg vremenskog perioda. Hale je još 1973. godine ustanovio da ovaj sastojak može biti sastavnica kompletne hrane namijenjene uzgoju peradi, dok su slično ustanovili Newton i sur. (1977) za proizvodnju hrane za svinje, te St-Hilaire i sur. (2007) i Sheppard i sur. (2008) za proizvodnju hrane za određene vrste riba.

Nakon odmašćivanja, obrok ličinki crne vojničke muhe može sadržavati udio sirovih proteina preko 60% (Spranghers i sur., 2017), u odnosu na druge vrste kukaca (Makkar i sur., 2014), te može imati niži udio masnoća, uključujući zasićene masne kiseline. Budući da postupak odmašćivanja zahtijeva obradu, koja uključuje financijske, okolišne i logističke troškove, kao i zahtjeve za dodatnim strojevima ili postrojenjima, kemijskim otapalima (heksan), te dodatno vrijeme (Kim i sur., 2016), ovakav oblik pripreme ličinki vjerojatno se neće koristiti u uzgojima manjeg obima (kućanstva) ili u područjima nerazvijenih zemalja, gdje je izraženo pitanje gladi stanovništva. Međutim, tehnologija potrebna za djelomično odmašćivanje može biti jednostavna, kao na primjer mehaničko prešanje ličinki prije mljevenja, čime ipak postaje dostupna brojnim gospodarstvima zemalja u razvoju (Russin i sur., 2017). Većina tvrtki koje mogu proizvesti proizvode porijeklom od crne vojničke muhe (dehidrirani proteini ili ulje)

nalaze se u Europi (16), zatim u Americi (11), Aziji (6), Africi (4) te Australiji (1). Neke od najpoznatiji, odnosno sa najvećom proizvodnjom, su Hermetia Baruth GmbH (Njemačka), agriProtein Technologies (Južna Afrika) i Enterra Feed Corporation (Kanada) (Müller i sur., 2017). U **Tablici 7** prikazan je prosječni kemijski sastav ličinke crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*).

Tablica 7 Prosječni kemijski sastav ličinke crne vojničke muhe (Makkar i sur., 2014; Arango Gutierrez i sur., 2004; Newton i sur., 1977; St-Hilaire i sur., 2007)

Sirovi proteini (% s.tv), n=5	Sirova vlakna (% s.tv.), n=1	Ekstrakt etera (% s.tv), n=5	Pepeo (% s.tv.), n=1	Ukupna energija (MJ/kg s. tv.)
42,1±1,0 (41,1; 43,6)	7,0	26,0±8,3 (15,0; 34,8)	26,0±6,0 (14,6; 28,4)	22,1

% s.tv. – maseni udio suhe tvari; vrijednosti u zagradama su najmanja i najveća vrijednost

Profili mikronutrijenata također ovisi o hranjivom sastavu podloge. Ličinke crne vojničke muhe akumuliraju kalcij i imaju za 6,6 – 9,3 % više kalcija u suhoj tvari u usporedbi sa ostalim kukcima koji imaju manje od 1 % kalcija u suhoj tvari. Slično se odnosi i na mangan (Makkar i sur., 2014; Sprangers i sur., 2017). Međutim, ličinke ne akumuliraju natrij ili sumpor (Spranghers i sur., 2017). Osim toga, imaju i odgovarajuće količine drugih esencijalnih minerala i vitamina na ekvivalentnoj ili superiornoj razini u odnosu na druge kukce. U nutritivnom smislu njihova je prednost u tome što su bogate C12:0 masnim kiselinama (Spranghers i sur., 2017), te pokazuju probiotičke učinke na mikrobnu floru stoke, kao i antibiotske učinke na gastrointestinalne bakterije koje uzrokuju razne bolesti u životinja (Skrivanova i sur., 2006). Zbog navedenog, ličinke crne vojničke muhe mogu se smatrati alternativom uporabe antibiotika u hrani za životinje (Spranghers i sur., 2017). Na sastav masnih kiselina u mesu pilića utječe i sastav smjese, odnosno masnokiselinski i aminokiselinski sastav *Hermetia illucens*, koji pak ovisi o hranjivoj podlozi na kojoj se uzgaja. Upravo ovisno o supstratu na kojem se uzgajaju, različiti autori dobili su i različite vrijednosti tog sastava, koji se nadalje reflektira na njihov sadržaj u mesu.

U **Tablici 8** prikazan je mineralni sastav ličinke crne vojničke muhe, a u **Tablici 9** prikazan je njezin aminokiselinski sastav.

Tablica 8 Mineralni sastav ličinke crne vojničke muhe (vrijednosti izražene u g/kg s. tv., osim za Mn, Zn i Cu koje su izražene u mg/kg s.tv.) (Makkar i sur., 2014; Arango Gutierrez i sur., 2004; Newton i sur., 1977)

Ca	P	K	Na	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
75,6 ± 17,1	9,0 ± 4,0	6,90	1,30	3,90	1,37	246,0	108,0	6,0

% s.tv. – maseni udio suhe tvari

Tablica 9 Aminokiselinski sastav ličinke crne vojničke muhe (Makkar i sur., 2014)

Aminokiselina	g/16 g dušika
Alanin (n = 4)	7,7 ± 0,8 (6,9; 8,8)
Arginin (n = 4)	5,6 ± 0,3 (5,3; 6,1)
Aspartamska kiselina (n = 4)	11,0 ± 1,8 (8,5; 12,5)
Cistin (n = 1)	0,1
Metionin (n = 4)	2,1 ± 0,3 (1,7; 2,4)
Lizin (n = 4)	6,6 ± 0,9 (6,0; 8,0)
Izoleucin (n = 4)	5,1 ± 0,5 (4,7; 5,6)
Leucin (n = 4)	7,9 ± 0,6 (7,1; 8,4)
Fenilalanin (n = 4)	5,2 ± 0,4 (4,6; 5,6)
Treonin (n = 4)	3,7 ± 1,7 (1,3; 4,8)
Triptofan (n = 1)	0,5
Glutaminska kiselina (n = 4)	10,9 ± 2,4 (8,7; 13,5)
Histidin (n = 4)	3,0 ± 1,0 (2,3; 4,5)
Prolin (n = 2)	6,6 ± 1,1 (5,5; 7,7)
Serin (n = 4)	3,1 ± 1,9 (0,3; 4,2)
Tirozin (n = 4)	6,9 ± 0,7 (6,0; 7,7)
Valin (n = 4)	8,2 ± 1,4 (6,4; 9,1)

n – broj uzoraka; vrijednosti u zagradama su najmanja i najveća vrijednost

Sadržaj masnih kiselina *Hermetia illucens* može se mijenjati i ovisno o eventualnom obogaćivanju hranjive podloge sa ciljem obogaćivanja finalnog proizvoda. Sealey i sur. (2011) ispitali su utjecaj obogaćivanja hranjive podloge dodatkom ribljeg ulja i pileće masnoće na kvalitetu mesa šarana, te na senzorska svojstva kod pokusnih skupina šarana hranjenih sa zamjenom ribljeg brašna s 25% i 50% udjela ličinki *Hermetia illucens*. Najznačajnije razlike po pitanju sadržaja masnih kiselina u mesu šarana bile su u sadržaju laurinske, miristinske, palmitinske, stearinske, oleinske i linolne kiseline, te arahidonske, eikozapentaenske i dokozaheksaenske kiseline. Rezultati su prikazani u **Tablici 10**.

Tablica 10 Masnokiselinski sastav *Hermetia illucens* uzgajane na stajskom gnoju te obogaćenom stajskom gnoju i usporedba masnokiselinskog sastava mesa šarana obzirom na različite koncentracije *Hermetia illucens* u hrani (Sealey i sur., 2011)

Masne kislone (%)	Sastav hrane		Pokusne skupine riba				
	HI 1	HI2	kontrola	HI1 25 %	HI1 50 %	HI2 25 %	HI2 50 %
C 12:0	23,6	37,1	0,06	0,61	1,31	2,35	4,01
C 14:0	5,1	6,3	2,01	1,86	1,9	2,57	2,84
C 16:0	19,8	17,3	16,81	14,41	19,90	14,41	13,41
C 16:1n7	6,3	7,6	2,87	2,86	2,85	3,03	2,88
C 18:0	6,5	2,0	4,77	3,65	3,57	3,89	3,55
C 18:1n9	22,7	18,8	28,56	27,59	28,26	25,73	22,36
C 18:2n6	6,8	5,9	10,15	10,32	8,79	8,04	7,04
C 18:3n3	0,0	0,5	1,53	1,85	1,81	1,72	1,63
C 22:5n3	0,0	0,35	2,64	3,18	2,59	3,62	3,95
C 22:6n3	0,0	1,7	8,29	11,8	11,0	10,50	11,52

HI1 – *Hermetia illucens* ličinke uzgojene na stajskom gnoju; HI2 – *Hermetia illucens* ličinke uzgojene na stajskom gnoju uz dodatak ulja i masnoće; HI1 25 % - krmna smjesa koja sadrži 25% udjela HI1; HI1 50 % - krmna smjesa koja sadrži 50% udjela HI1; HI2 25 % - krmna smjesa koja sadrži 25% udjela HI2; HI2 50 % - krmna smjesa koja sadrži 50% udjela HI2

Istraživanja brojnih autora pokazala su da su ličinke crne vojničke muhe kao sastavni dio obroka dobro doprinijele rastu pilića. Pilići hranjeni ličinkama crne vojničke muhe kao zamjenom za proteine soje dostigli su prirast od 96 % u odnosu na kontrolnu skupinu koja je hranjena obrokom s proteinom soje i koja je dosegla prirast od 93 %, što ukazuje da je pretvorba hrane koja sadrži ličinke bila veća (Hale, 1973; Newton i sur., 2005; Makkar i sur., 2014).

Istraživanja provedena u cilju ispitivanja produktivnosti proizvodnje, kvalitete i prihvatljivosti mesa pilića od strane potrošača, hranjenih djelomičnom zamjenom proteinske komponente brašnom ličinki crne vojničke muhe, te iskorištenja hrane, provedena su na japanskim prepelicama, *Coturnix coturnix japonica* (Cullere i sur., 2016; Cullere i sur., 2018) te na tovnim pilićima Ross 308 (Dabbou i sur., 2017). U pokusu na japanskim prepelicama proteini porijeklom od soje zamjenjene su sa brašnom ličinki *Hermetia illucens* u koncentracijama 10 %, odnosno 15 %. U odnosu na kontrolnu skupinu, nije uočena razlika između rezultata u pogledu produktivnosti, prirasta i težine prsnog mišića. Dodatak brašna ličinki *Hermetia illucens* nije pokazao utjecaj na senzorska svojstva mesa prsnog mišića, na oksidativni status mesa, kao ni na udio kolesterola. Uočen je pozitivan utjecaj na aminokiselinski sastav mesa u smislu unaprijeđenja njegove nutritivne vrijednosti (povećani sadržaj asparaginske i glutaminske kiseline, alanina, serina, tirozina i treonina). Međutim, uočeno je i povećanje manje poželjnih zasićenih masnih kiselina. U pokusu na tovnim pilićima (Dabbou i sur., 2017) proteini soje zamjenjene su sa tri različita udjela brašna *Hermetia illucens*, 5 %, 10 % i 15 %. Uočeno je linearno povećanje tjelesne mase s povećanjem udjela *Hermetia illucens*, kao i linearno povećanje prosječnog dnevnog prirasta također s povećanjem udjela *Hermetia illucens* i to tijekom hranidbe sa početnom (starter) i porasnom (grower) smjesom. Tijekom hranidbe sa završnom smjesom (finisher) uočeno je opadanje u prosječnom dnevnom prirastu. Vrijednosti konverzije hrane bile su niže za sve tri promatrane skupine, a uočen je i povoljniji profil masnih kiselina. Sa stajališta prihvatljivosti dodatka nove komponente proteina u hranidbi peradi, uočeno je da su u oba pokusa životinje rado konzumirale smjesu sa zamjenom proteina na bazi kukaca u odnosu na uobičajenu (standardnu) tovnu smjesu. Istraživanja u pogledu zamjene proteina biljnog porijekla u hrani za perad proširila su se i na patke, kao još jednu komercijalno zanimljivu vrstu. Prvo ovakvo istraživanje proveli su Gariglio i sur. (2019). Ispitali su učinak djelomične zamjene proteina biljnog porijekla brašnom *Hermetia illucens* u hrani za mošusne patke (*Cairina moschata*) primjenjujući koncentracije od 3 %, 6 % i 9 %. U pokusu su praćena tovnja svojstva i probavljivost hrane. Postotak preživljavanja bio je veći za sve tri pokusne skupine u odnosu na kontrolnu skupinu. Značajna razlika u prosječnom dnevnom prirastu

uočena je jedino u tjednu između 18. i 38. dana starosti za koncentraciju od 6 % *Hermetia illucens* u krmnoj smjesi. Vrijednosti vezane za dnevni unos hrane i konverziju hrane nisu bile različite u odnosu na kontrolnu skupinu. U svim opisanim slučajevima autori su zaključili kako se radi o vrlo značajnom izvoru proteina za potrebe hranidbe peradi. Jedno od novijih istraživanja proveli su Kieronczyk i sur. (2021) koji su ispitali utjecaj masnoće porijeklom od crne vojničke muhe na kvalitetu bijelog mesa pilića. Ustanovili su kako je zamjena sojinih masnoća masnoćama porijeklom od crne vojničke muhe rezultirala usporedivim rastom parametara učinkovitosti u odnosu na one koji se postižu primjenom sojinog ulja. Međutim, još uvijek postoji potreba za proširenjem znanja o utjecaju korištenja masti *H. illucens* u prehrani peradi na kvalitetu finalnih proizvoda. Rezultati ove studije potvrdili su da mast ličinki *H. illucens* utječe na profil masnih kiselina bijelog pilećeg mesa, a istovremeno nema značajnog učinka na aterogenost, te su uočeni trombogeni indeksi. Štoviše, mast kukaca ne narušava fizikalno-kemijske parametre mesa tj. boju, pH i sposobnost zadržavanja vode, te nema negativan učinak na izbor ovih proizvoda od strane potrošača.

Utjecaj nutritivnog profila tri različite vrste kukaca (ličinke domaće muhe, ličinke velikog brašnara i ličinke svilene bube) u svojstvu zamjene proteina soje u hrani za piliće (Ross 308) na proizvodne parametre te senzorska svojstva mesa pilića ispitali su Khan i sur. (2017). Proteini porijeklom od soje zamjenjene su u koncentraciji od 7,8 % (svilena buba), 8,0 % (domaća muha) i 8,1 % (brašnar), obzirom na sadržaj proteina kod pojedinog kukca. Završne mase kod sve tri pokusne skupine bile su veće u odnosu na kontrolnu skupinu. Konverzija hrane bila je najniža kod skupine pilića hranjene ličinkama domaće muhe. Sa stajališta senzorskih svojstava, meso pilića hranjenih ličinkama brašnara bilo je najnježnije i najsočnije, najvjerojatije zbog većeg sadržaja masnoće kod ovog kukca, u odnosu na druge dvije vrste.

2.2.2.3. Kukci iz reda *Coleoptera*

Kukci iz reda *Coleoptera* (tvrdokrilci) su važan izvor životinjskih proteina za perad: suha tvar čini 30 % njihove ukupne žive mase, od kojih 54 % čine sirovi proteini. Kao proteinski dio obroka za perad ovi se kukci mogu koristiti svježi, ali za intenzivni farmski uzgoj, zbog transporta i skladištenja, prikladnija je njihova primjena u suhom stanju. Istraživanja su pokazala da hrana na bazi crvi iz reda *Coleoptera* može zamijeniti riblje brašno u proizvodnji peradi (Tégua et al., 2002; Hwangbo i sur., 2009). Istovremeno, proizvodnja tvrdokrilaca može doprinijeti smanjenju nakupljanja velikih količina stajskog gnoja. Primjerice, u Nigeriji ova

proizvodnja služi kao odličan izvor životinjskih proteina na domaćim farmama za uzgoj peradi. Živim crvima iz reda *Coleoptera* hrane se pilići u Togou (Ekoue i Hadzi, 2000) i Kamerunu (Tégua i sur., 2002). Hwangbo i sur. (2009) istražili su doprinos hrane na bazi ovih kukaca na kvalitetu pilećeg mesa u Južnoj Koreji te utjecaj na njihov rast i razvoj hraneći ih smjesom u koju je bilo dodano 10 – 15 % brašna crva, pri čemu je ustanovljen njezin pozitivan učinak. Tégua i sur. (2002) ustanovili su da je završna težina pilića u kontrolnoj skupini, koja se hranila smjesom samo na bazi ribljeg brašna, bila značajno niža u odnosu na pokusne skupine čija hrana je sadržavala 5 %, 10 % i 15 % crva, ovisno o skupini. Međutim, nije utvrđena statistički značajna razlika za vrijednosti konverzije hrane, kao ni za udjele osnovnih dijelova pilića u trupu. Okah i sur. (2012) proveli su slično istraživanje, ali s većim udjelom crva kao zamjene za riblje brašno. Uveli su zamjenu sa koncentracijama crva od 20 %, 30 %, 40 % i 50 %. Pilići u kontrolnoj skupini ostvarili su manje završne težine u odnosu na one hranjene s hranom koja je sadržavala 20 % i 30 % crva, ali slične onima koje su postigli pilići hranjeni s 40 % i 50 % zamjene za riblje brašno. U svim pokusnim skupinama konverzija hrane bila je bolja u odnosu na kontrolnu skupinu, dok je jedino kod skupine hranjene sa 20 % zamjene za riblje brašno randman trupa bio statistički značajno niži i u odnosu na kontrolnu skupinu, kao i u odnosu na ostale pokusne skupine. Autori su izračunali i ekonomsku bilancu, te zaključili kako je zamjena ribljeg brašna sa 50 % brašna crva ekonomski najopravdanija. U Nigeriji, Awonyi i sur. (2004) istraživali su zamjenu ribljeg brašna brašnom crva u količini od 25 %, prilikom čega su kod ove koncentracije dobili veću brzinu porasta i bolje iskorištenje proteina. Međutim, uvođenje brašna crva kao komponente hrane za životinje otvara i pitanja rizika, budući da je poznato da je odrasla kućna muha (*Musca domestica*) prijenosnik raznih bolesti zbog svog načina života i mjesta na kojima obitava. Ličinke se razvijaju u gnoju i otpadu te stoga ova vrsta može povećati rizik od raznih bakterijskih i gljivičnih oboljenja (FAO, 2002). Upravo stoga su Awonyi i sur. (2004) istraživali utjecaj sušenih ličinki na njihov status u pogledu moguće kontaminacije hrane, odnosno prenošenja infekcija i oboljenja na životinje. Ustanovili su porast broja gljivica i bakterija u odstajalom obroku s visokim sadržajem vlage od preko 12 %. Zaključno su preporučili sušenje na udio vode od 4 do 5 % kako bi se reducirala mikrobna aktivnost.

Veliki brašnari (*Tenebrio molitor*), koji su također pripadnici reda *Coleoptera*, već se dugo uzgajaju u industrijskim razmjerima. Prikadni supstrati za njihov uzgoj također su otpadni proizvodi niske nutritivne vrijednosti, a koriste se kao hrana za tovne piliće. Ramos Elorduy i sur. (2002) uzgajali su ličinke velikog brašnara na nekoliko suhih otpadnih materijala različitog podrijetla. Koristili su tri vrste udjela ličinki (0,5 % i 10 % suhe težine) u 19 %-tnom obroku

proteina na bazi sira kako bi procijenili unos hrane, prirast i učinak hranjenja. Nakon 15 dana hranjenja, nisu uočene značajnije razlike među tretmanima te je zaključeno da brašnari predstavljaju obećavajući alternativni izvor proteina, osobito kao zamjena za proizvode od soje.

Loponte i sur. (2017) proveli su istraživanje na crvenonogim jarebicama (*Alectoris barbara*) kako bi ispitali utjecaj zamjene proteina soje sa proteinima dvije vrste kukaca – velikog brašnara (*Tenebrio molitor*) i crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) u udjelima od 25 % i 50 % na proizvodne i tehnološke pokazatelje. Tov je započeo sa sedam dana starim pilićima jarebica i trajao je 64 dana. Istraživanjem je utvrđeno kako su kod ptica hranjenih smjesom u kojoj je koncentracija brašnara bila 25 %, te kod obje koncentracije proteina crne vojničke muhe postignute veće završne mase u odnosu na kontrolnu skupinu, kao i bolje vrijednosti za ukupni randman klanja. Kod ptica hranjenih sa brašnarom postignute su se bolje vrijednosti za konverziju hrane.

2.2.2.4. Kukci iz reda *Lepidoptera* (leptiri)

Afrički moljac (*Anaphe panda*) smatra se važnim izvorom proteina za hranidbu peradi, budući da njegovo brašno sadži 65 – 75% proteina. Kako je ovaj kukac nusproizvod u industriji proizvodnje svile, i značajne količine ove sirovine dostupne su četiri puta godišnje obzirom na cikluse proizvodnje svile, upotreba ovog supstrata u hranidbi životinja, osobito peradi, postaje sve značajnija (Ullah i sur., 2017) Prijašnja istraživanja koja se odnose na proizvodnju gusjenica afričkog moljca bila su vrlo rijetka. Ijaiya i Eko (2009) su u istraživanju provedenom u Nigeriji analizirali mogućnost zamjene ribljeg brašna (25, 50, 75 i 100 %) s brašnom gusjenice afričkog moljca te su određivali rast, razvoj trupa i ekonomske parametre uzgoja pilića u tovu u odnosu na konvencionalnu hranidbu. Utvrdili su da nije bilo značajnih razlika prirastu pilića i konverziji hrane. Gusjenica afričkog moljca pokazala se kao jeftiniji i jednako kvalitetan obrok za hranidbu pilića u odnosu na riblje brašno, te ga učinila prikladnom zamjenom u ekonomskom i kvalitativnom smislu.

Studije su pokazale kako brašno gusjenice afričkog moljca (*Anaphe panda*) može u cijelosti zamijeniti sojino brašno u prehrani kokoši nesilica te kako ova zamjena ne pokazuje značajne razlike između pokusnih skupina obzirom na masu kokoši, dnevnu potrošnju hrane, konverziju hrane te na dnevnu proizvodnju jaja (Ullah i sur., 2017).

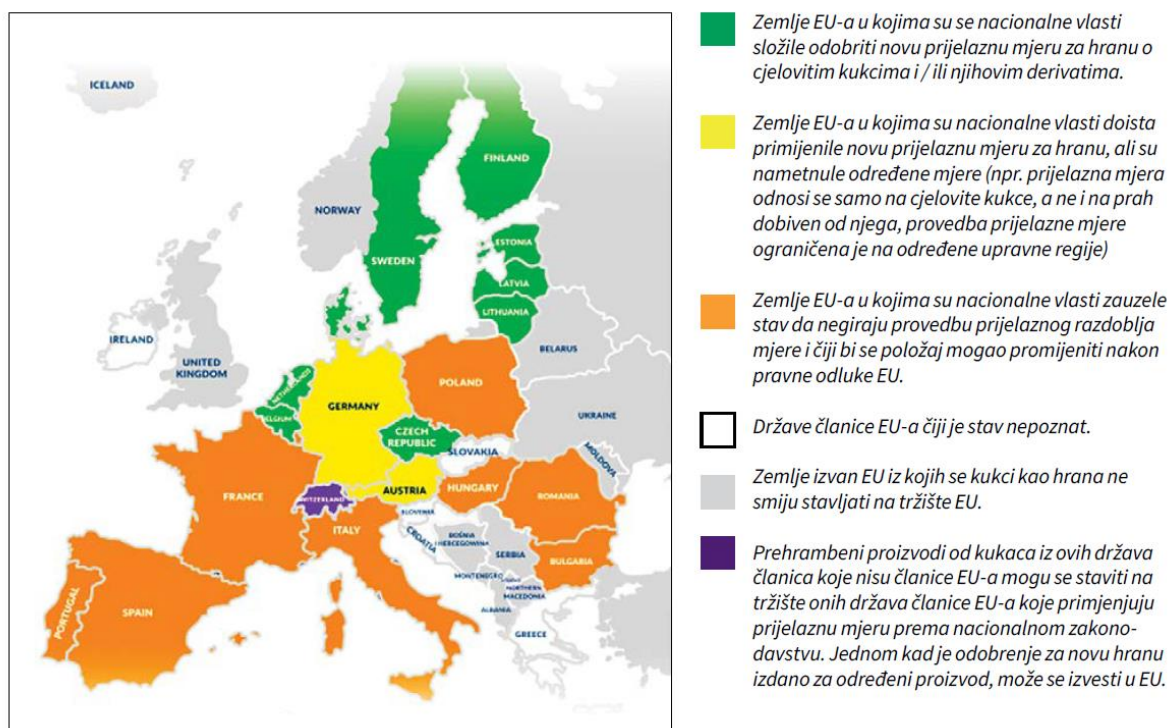
2.2.3. Zakonodavi okvir u pogledu mogućnosti korištenja proteina kukaca kao komponente hrane za životinje

Područja bez tradicionalne povijesti entomofagije (konzumiranja kukaca), ali s jasno definiranom politikom sigurnosti hrane koja daje prioritet izbjegavanju i smanjivanju rizika, kao što je Europa, imaju stroga pravila o korištenju i proizvodnji kukaca, stoga ovu vrstu proizvoda smatraju kao „novu hranu“, koja tako mora biti i označena. U skladu s Uredbom (EU) 2015/2283 Europskog parlamenta i Vijeća od 25. studenog 2015. o novoj hrani, o izmjeni Uredbe (EU) br. 1169/2011 Europskog parlamenta i Vijeća i o stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 258/97 Europskog parlamenta i vijeća i Uredbe (Komisije (EZ) br. 1852/2001 (EC, 2015) definicija „nove hrane“ odnosi se na hranu ili sastojke hrane koji se u EU nisu konzumirali u značajnim količinama do 15. svibnja 1997. godine. Dakle, pojam „nova hrana“ obuhvaća nove izvore hrane, novo proizvedenu i inovativnu hranu, hranu proizvedenu upotrebom novih tehnologija i proizvodnih postupaka, te hranu koja se tradicionalno konzumira izvan EU, ali ne i na području EU. U smislu ove definicije i Uredbe, kukci i proizvodi od kukaca podliježu postupku odobravanja od strane Europske komisije (EK), a temeljem procjene sigurnosti koju donosi EFSA (Ververis i sur., 2020; Knežević et al, 2021).

Postojeći zakonodavni okvir definira vrste tvari koje dolaze u obzir kao hrana za životinje, bavi se pitanjima sigurnosti hrane za životinje, te nusproizvodima životinjskog porijekla. Međutim, zbog rastućeg interesa za upotrebom kukaca kao izvora proteina u hrani za životinje diljem Europe, bilo je potrebno ovo područje doraditi i uskladiti sa zahtjevima i potrebama proizvođača hrane za životinje u smislu mogućnosti korištenja kukaca kao njihove komponente. Prema FAO dokumentu (2013) kukci su prirodni izvor proteina za ribe i za perad, te u skladu s tom činjenicom Međunarodna platforma za kukce kao hranu i hranu za životinje (*International Platform of Insects for Food and Feed, IPIFF*) zatražila je reviziju i izmjenu postojećih propisa na način da se dozvoli proizvodnja kukaca koji će se koristiti kao izvor proteina u hrani za životinje za proizvode akvakulture, perad i svinja (IPIFF, 2019; IPIFF, 2020).

Neke zemlje članice Europske unije (EU), poput Mađarske, Austrije i Italije, zabranile su komercijalnu proizvodnju i prodaju jestivih kukaca, ali nemaju riješeno niti pitanje korištenja kukaca u svrhu hranidbe životinja. Druge pak zemlje, poput Češke, dopuštaju uzgoj i prodaju jestivih kukaca čak i bez definiranog zakonodavnog okvira. Belgija, Nizozemska, Francuska i Ujedinjeno Kraljevstvo dopuštaju upotrebu nekih vrsta kukaca za hranu te imaju nacionalne propise u tom području (Bednarova i sur., 2013), ali ne i u području hrane za životinje. Na **Slici 4** prikazana je različita primjena propisa u pogledu korištenja kukaca na području Europske

unije (Rakić i sur., 2022; preuzeto iz IPIFF, 2021). Zemlje označene zelenom bojom su one u kojima su se nacionalna tijela složila dodijeliti prijelaznu mjeru cijelim kukcima i/ili njihovim derivatima. Zemlje označene žutom bojom su zemlje u kojima su nacionalne vlasti primijenile prijelaznu mjeru, ali su nametnule posebne uvjete (npr. prijelazna mjera se odnosi samo na cjele kukce, a ne na prah od njih dobiven). Zemlje označene narančastom bojom su EU zemlje u kojima su nacionalne vlasti zauzele stav da uskraćuju provedbu prijelazne mjere (ili ju primjenjuju restriktivno) i čiji se položaj eventualno može promijeniti nakon odluke Suda EK. Države članice EU obojene bijelom bojom su one čiji je položaj autorima nepoznat u vrijeme izrade dokumenta, dok su zemlje obojene sivom bojom zemlje koje nisu članice EU i iz kojih se kukci kao hrana ne smiju stavljati na EU tržište. Na poslijetku, zemlje označene ljubičastom bojom su države koje nisu članice EU, ali na proizvodi od kukaca iz tih zemalja mogu se staviti na tržište zemalja članica EU koje primjenjuju prijelaznu mjeru.



Slika 4 Pristupi implementacije zakonodavstva u pogledu korištenja kukaca kao nove hrane u obliku cijelih kukaca te njihovih pripravaka; <https://ipiff.org/insects-novel-food-eu-legislation-2/>

Pretraživanjem javno dostupne baze podataka o propisima o hrani u svijetu (*Food and Agriculture Organisation Legislation Database*, FAOLEX) Agencije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (*Food and Agriculture Organisation of United Nations*, FAO), dostupan je samo jedan zapis kojim se posebno spominje *Hermetia illucens*. Do svibnja 2017. godine, Uredbom Komisije (EU) 2017/893 od 24. svibnja 2017. o izmjeni priloga I. i IV. Uredbi

Komisije (EU) br. 999/2001 Europskog parlamenta i Vijeća te priloga X., XIV. i XV. Uredbi Komisije (EU) br. 142/2011 u pogledu odredaba o prerađenim animalnim proteinima (EC, 2017) utvrđeno je sedam vrsta kukaca koji se trenutno mogu uzgajati u Europskoj uniji, uključujući i *Hermetia illucens*, te koji ispunjavaju sigurnosne uvjete za proizvodnju kukaca u smislu farmskog uzgoja i hranidbe životinja. Također, postoje i posebni zahtjevi koje proizvodnja kukaca mora ispunjavati: kukci ne smiju biti patogeni ili imati druge štetne učinke na biljke, životinje ili ljudsko zdravlje, ne smiju biti vektori humanih, animalnih ili biljnih patogena i ne smiju biti invazivne strane vrste.

Jedan od glavnih razloga zbog sve značajnijeg interesa za upotrebom kukaca kao komponente hrane za životinje je mogućnost njihovog uzgoja na biološkom otpadu te na nusproizvodima animalnog podrijetla i klaoničkom otpadu, pri čemu dolazi do smanjenja količine otpada, očuvanja okoliša te manjih troškova proizvodnje komponente hrane za životinje animalnog porijekla. Međutim, postoje ograničenja i za supstrate koji moraju sadržavati proizvode neanimalnog porijekla ili ograničene izvore animalnog porijekla, što se odnosi na riblje brašno, otopljene masti, krv i želatinu od nepreživača, mlijeko, jaja, med itd. Meso se ne navodi, međutim feces, otpad iz ugostiteljstva te kućni i ostali otpad izričito je zabranjeno koristiti. Navedena ograničenja smanjuju rizik od onečišćenja prilikom proizvodnje ličinki kukaca, pa tako i crne vojničke muhe, ali istovremeno i ograničavaju njihovu proizvodnju.

Ovo pitanje definira Uredba Komisije (EU) br. 1069/2009 Europskog parlamenta i Vijeća od 21. listopada 2009. o utvrđivanju zdravstvenih pravila za nusproizvode animalnog porijekla i od njih dobivene proizvode koji nisu namijenjeni prehrani ljudi te o stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 1774/2002 (Uredba o nusproizvodima animalnog porijekla) (EC, 2009a). Navedena Uredba člankom 3. uključuje „uzgajane kukce“ u definiciju „uzgajanih životinja“, stoga se ista pravila hranidbe odnose i na uzgoj kukaca, kao i na uzgoj ostalih životinja koje se koriste kao hrana za ljude. Dakle, kukci se ne mogu uzgajati (hraniti) na animalnim nusproizvodima jer bi to moglo dovesti do rizika za zdravlje ljudi ili životinja. Pozadina ovog strogog pravila je u povijesnoj činjenici vezanoj za krize nastale uslijed slučaja sa goveđom spongiformnom encefalopatijom (BSE) kao i pojavom dioksina u hrani za perad.

Hrana kojoj je istekao rok trajnosti, ali ne sadrži meso ili ribu, može se koristiti kao hrana za životinje, pa samim time i kao hrana, odnosno hranjiva podloga, za uzgoj kukaca.

Uredba Komisije (EU) br. 183/2005 Europskog parlamenta i Vijeća od 12. siječnja 2005. o utvrđivanju zahtjeva u pogledu higijene hrane za životinje ne primjenjuje se na beskralježnjake

(EC, 2005). Uzimajući u obzir članak 4. Uredbe Komisije (EU) br. 767/2009 Europskog parlamenta i Vijeća od 13. srpnja 2009. o stavljanju na tržište i korištenju hrane za životinje, izmjeni Uredbe (EZ) br. 1831/2003 Europskog parlamenta i Vijeća i stavljanju izvan snage Direktive Vijeća 79/373/EEZ, Direktive Komisije 80/511/EEZ, direktiva Vijeća, 82/471/EEZ, 93/74/EEZ, 93/113/EEZ i 96/25/EZ te Odluke Komisije 2004/217/EZ (EC, 2009b), životinje je dozvoljeno hraniti samo sa hranom koja zadovoljava sve uvjete u pogledu sigurnosti. Članak 24. iste Uredbe donosi popis (katalog) tvari koje dolaze u obzir kao hrana za životinje. Nadalje, Uredba Komisije (EU) br. 68/2013 od 16. siječnja 2013. o Katalogu krmiva (EC, 2013b), uključuje Dodatak u kojem su nabrojani neki od cijelih kukaca ili njihovih dijelova, iz čega proizlazi da je upotreba kukaca kao izvora proteina u hrani za životinje moguća. Međutim, Uredba Komisije (EU) br. 999/2001 Europskog parlamenta i Vijeća od 22. svibnja 2001. o utvrđivanju pravila za sprječavanje, kontrolu i iskorjenjivanje određenih transmisivnih spongiformnih encefalopatija donosi pravila postupanja vezano za prevenciju, kontrolu i suzbijanje TSE-a (EC, 2001) zabranjuje upotrebu procesiranih animalnih proteina (*Processed animal proteins*, PAP) kao sirovine u hrani za životinje. Uredbom Komisije (EU) 56/2013 od 16. siječnja 2013. o izmjeni priloga I. i IV. Uredbi (EZ) br. 999/2001 o utvrđivanju pravila za sprječavanje, kontrolu i iskorjenjivanje određenih transmisivnih spongiformnih encefalopatija (EC, 2013a) ova zabrana je izmijenjena na način da se procesirani animalni proteini mogu koristiti kao hrana za hranidbu riba. Prema ranije navedenom dokumentu FAO (2013) kukci su prirodni izvor proteina i za ribe i za perad, te u skladu s tom činjenicom Međunarodna platforma za kukce kao hranu i hranu za životinje (*International Platform of Insects for Food and Feed*, IPIFF) zahtijeva reviziju i izmjenu postojećih propisa na način da se uzgoj kukaca dozvoli kao izvor proteina u hrani za životinje za proizvode akvakulture, perad i svinje te uzgoj kukaca na supstratima 100% biljnog podrijetla (Sogari i sur., 2019; IPIFF, 2019b; Alagappan i sur., 2022).

Sa stajališta sigurne proizvodnje kukaca kao komponente hrane za životinje, mora se udovoljiti zahtjevima Direktive 2002/32/EZ Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu najvećih dopuštenih količina za nitrit, melamin, *Ambrosia spp.*, neizbježnog prenošenja nekih kokcidiostatika i histomonostatika te o konsolidaciji priloga I. i II. Direktive o nepoželjnim tvarima u hrani za životinje (EC, 2002a). U kontekstu ovog propisa Van Huis (2015) smatra da treba voditi brigu o razinama kadmija u supstratu za uzgoj kukaca, dok ostali onečišćivači, poput olova ili cinka čine manju opasnost.

Zbog svega ranije navedenog, pitanje upotrebe kukaca kao hrane za životinje postalo je jedno od gorućih pitanja u Europskoj komisiji (EK). Kao rezultat brojnih konzultacija Glavna Uprava

EK za zdravlje i sigurnost hrane (*The Directorate-General for Health and Food Safety*, DG SANTE) izradila je 2017. godine „Strateški sigurnosni koncept za kukce kao hranu za životinje“ (*Strategic Safety Concept for Insects as Feed*). Međutim, ovaj dokument još uvijek nije usvojen od strane EK. Dokument se poziva na Uredbu Komisije (EU) br. 178/2002 Europskog parlamenta i Vijeća od 28. siječnja 2002. o utvrđivanju općih načela i uvjeta zakona o hrani, osnivanju Europske agencija za sigurnost hrane te utvrđivanju postupaka u područjima sigurnosti hrane (EC, 2002b), kao i na Uredbu Komisije (EU) br. 183/2005 Europskog parlamenta i Vijeća od 12. siječnja 2005. o utvrđivanju zahtjeva u pogledu higijene hrane za životinje (EC, 2005), što jasno ukazuje na zahtjeve za općom sigurnošću proizvoda porijeklom od kukaca. Nadalje, bavi se pitanjima procjene rizika vezano za kukce, koje su do sada načinile Europska agencija za sigurnost hrane i neke nacionalne institucije zemalja članica EU koje se bave pitanjima hrane i hrane za životinje, kao što su Belgija, Francuska i Nizozemska. Osim toga, dokument razmatra i vrste kukaca pogodnih za proizvodnju izvora proteina kao hrane za životinje, uključuju brašnara (*Tenebrio molitor*), crnu vojničku muhu (*Hermetia illucens*), manjeg brašnara (*Aalphitobius diaperinus*), kućnog zrikavca (*Acheta domesticus*), tropskog kućnog zrikavca (*Grylloides sigillatus*) i poljskog zrikavca (*Gryllus Assimilis*). Dokumentom se predlaže uključiti ove vrste kukaca u Dodatak Uredbe Komisije (EU) br. 68/2013, koja sadrži Katalog krmiva (EC, 2013b). Ujedno, dokumentom se razmatraju i vrste supstrata koji bi bili pogodni za proizvodnju kukaca te se ističe kako oni u svakom slučaju moraju biti u skladu sa postojećim propisima. Nadalje, potrebno je dobiti suglasnost za metode proizvodnje od nacionalne institucije koja se bavi pitanjima sigurnosti hrane i hrane za životinje, na bazi procjene rizika te definiranog protokola proizvodnje kao i plana analize opasnosti i kritičnih kontrolnih točaka (*Hazard Analysis and Critical Control Point*, HACCP). EFSA-ino znanstveno mišljenje od 8. listopada 2015. godine daje temelj za reviziju zabrane hrane za životinje s obzirom na uporabu kukaca kao PAP u hrani za životinje, koje se hrane na podlogama koje su trenutno dopuštene zakonom za životinje koje nisu preživači (EFSA, 2015).

Referentni laboratorij Europske zajednice za proteine animalnog porijekla u hrani za životinje (Centre wallon de recherches agronomiques (CRA-W), Gembloux, Belgija) istražio je primjenu analitičkih metoda za potrebe službenih kontrola u svrhu zabrane hrane za životinje koje sadrže PAP, a koje su definirane Dodatkom VI. Uredbe Komisije (EU) br. 152/2009 od 27. siječnja 2009. o utvrđivanju metoda uzorkovanja i analize za službenu kontrolu hrane za životinje (svjetlosna mikroskopija i lančana reakcija umnožavanja polimerazom (*Polymerase Chain Reaction*, PCR)) (EC, 2009a), na 9 komercijalnih uzoraka kukaca kao PAP. Ova istraživanja

pokazuju da se PCR metoda može koristiti na kukcima kao PAP (nije uočen problem s interferencijama). Određene čestice mogu se identificirati opažanjima svjetlosnom mikroskopijom, međutim za određena vlakna mišića postoji opasnost od krive identifikacije (zamjene) s mišićnim vlaknima iz drugih taksonomskih PAP. Na temelju ovih zaključka, revizija zabrane hrane za životinje može se predvidjeti u prvoj fazi kako bi se odobrila uporaba kukaca PAP u hrani za životinje i akvakulturi. Preciznije, u skladu s Uredbom Komisije (EU) br. 56/2013, revizija Dodatka IV podrazumijeva novo poglavlje F u Poglavlju IV. s posebnim odredbama za kukce PAP (EC, 2013). U drugoj fazi, kada budu dostupne operativne i validirane analitičke tehnike, uporaba kukaca PAP u hrani za svinje i perad može se odobriti pod uvjetom da supstrat i obrada kukaca osiguravaju nepostojanje rizika od prijenosa patogena na koje su one osjetljive.

Kada se govori o pravilima uvoza proteina kukaca, postojeći pravni okvir dopušta da kukci kao PAP moraju biti proizvedeni u skladu sa zahtjevima utvrđenim za materijale kategorije 3 i za PAP. Uvoz može biti dopušten samo iz zemalja navedenih u Dijelu I. Priloga II. Uredbe Komisije (EU) br. 206/2010 od 12. ožujka 2010. o utvrđivanju popisa trećih zemalja, državnih područja ili njihovih dijelova odobrenih za unos u Europsku uniju određenih životinja, svježeg mesa te zahtjeva veterinarskog certificiranja (EC, 2010a). Također, tvornica za proizvodnju kukaca u trećoj zemlji mora udovoljavati zahtjevima u skladu s Uredbom Komisije (EU) 1069/2009 Europskog parlamenta i Vijeća od 21. listopada 2009. o utvrđivanju zdravstvenih pravila za nusproizvode animalnog podrijetla i od njih dobivene proizvode koji nisu namijenjeni prehrani ljudi (EC, 2009c).

Pošiljka kukaca kao PAP mora biti popraćena zdravstvenim certifikatom u skladu s modelom zdravstvene svjedodžbe iz Poglavlja I. Priloga XV. Uredbe Komisije (EU) br. 142/2011 od 25. veljače 2011. o provedbi Uredbe (EZ) br. 1069 Europskog parlamenta i Vijeća o utvrđivanju zdravstvenih pravila za nusproizvode animalnog porijekla i od njih dobivenih proizvoda koji nisu namijenjeni prehrani ljudi te o provedbi Direktive Vijeća 97/78/EZ u pogledu određenih uzoraka i predmeta koji su oslobođeni veterinarskih pregleda na granici na temelju te Direktive (EC, 2011). Također, mora proći veterinarski pregled na graničnoj inspekcijskoj pošti. Prije puštanja u slobodni promet u EU, uvoznik mora osigurati da svaka pošiljka bude ispitana svjetlosnom mikroskopijom i/ili PCR testom, u skladu s Standardnim operativnim postupkom referentnog laboratorija Europske unije (*European Union Reference Laboratory, EURL*) za animalne proteine, kako bi se potvrdila odsutnost sastojaka animalnog podrijetla u skladu s pravilima zabrane hrane za životinje. Ovakva točno definirana i poprilično rigorozna pravila

svakako daju dobru podlogu za sigurnu proizvodnju i korištenje kukaca u pogledu proteina u hrani za životinje.

Do danas, uvoz kukaca kao PAP u EU vrlo je ograničen, s obzirom da se trenutno kukci PAP mogu koristiti samo u hrani za kućne ljubimce i u hrani za krznašice. Kako bi se osigurala zaštita životinja i javnog zdravlja u odnosu na uvezene kukce PAP, koji su proizvedeni u trećim zemljama, novi posebni zdravstveni uvjeti za uvoz u EU mogli bi biti određeni u Prilogu XIV Uredbe Komisije (EU) br. 206/2010 (EC, 2010b) koji bi zahtijevali da kukci PAP ne potječu od kukaca koji se hrane s krmnim materijalima zabranjenim u EU.

Što se tiče međunarodnih tijela, kukci nisu navedeni u dokumentima Codex Alimentarius komisije, koji definiraju pojam "hrana", osim što ih se promatra kao onečišćenja koja hranu kontaminiraju (Van Huis, 2013). Isti problem postoji i u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD), gdje su kukci opisani kao "defekt - neispravnost" koji se u hrani može naći u određenom, vrlo malom udjelu, ali nisu izričito navedeni kao hrana (FDA, 2010). Stoga, sa stajališta zakonodavstva, percepcija kukaca kao zagađivača, a ne hrane, te opća percepcija javnosti u smislu prihvatanja kukaca kao neželjenih u hrani, predstavljaju prepreke za korištenje *Hermetia illucens*, ili bilo kojih drugih kukaca, kao hrane ili hrane za životinje.

Na poslijetku, u travnju 2021. države članice EU-a pozitivno su glasovale o autorizaciji životinjskih bjelančevina prerađenih insektima (PAP) u hrani za perad i svinje. Ovaj prijedlog predstavlja važnu prekretnicu za europski sektor insekata, budući da označava jedan od ključnih koraka u postupku autorizacije. U skladu s procedurama EU-a, ovaj je prijedlog stupio na snagu 7. rujna 2021. u obliku Uredbe Komisije (EU) 2021/1372 od 17. kolovoza 2021. o izmjeni Priloga IV. Uredbi (EZ) br. 999/2001 Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu zabrane hranidbe nepreživača iz uzgoja, osim krznaša, bjelančevinama dobivenima od životinja (EK, 2021).

2.3. PROIZVODNI POKAZATELJI U TOVU PILIĆA

Brojni autori navode kako je meso pilića značajan dijetetski proizvod animalnog porijekla u prehrani ljudi. Odlikuje se visokim sadržajem punovrijednih proteina, a niskim sadržajem masti (Kralik i sur., 2001; Janječić, 2005; Kralik i sur., 2005; Kralik i sur., 2006). Kemijski sastav mesa pilića ovisi o raznim čimbenicima, kao što su: dob, način držanja, sastav obroka kojim se pilići hrane, ali i tjelesna regija, odnosno pojedini dio trupa. Stoga je iznimno važno proizvesti pileće meso koje tehnološkim karakteristikama i kvalitetom zadovoljava današnje zahtjeve

tržišta, a istovremeno je prihvatljivo sa stajališta zaštite okoliša te ekonomski opravdano (Allen i sur., 1998; Kralik i sur., 2001; Kralik i sur., 2006; Janječić i sur., 2023).

Pojam “kvaliteta mesa” teško je definirati iz razloga što na njega utječe, te ga stoga i definira, niz svojstava koja mogu imati različitu vrijednost za potrošače. Zato je svojstva kvalitete nužno što preciznije opisati konkretnim, mjerljivim vrijednostima, kako bi ih se moglo uspoređivati i reproducirati. Pod svojstvima kvalitete podrazumijevaju se fizikalno – kemijska svojstva, senzorska svojstva te nutritivna vrijednost mesa (Wilson, 2006). Jedna od najčešće primjenjivanih definicija je ona koju je postavio Groom (1990), a koja kvalitetu opisuje kao „skup karakteristika koje razlikuju pojedinačne jedinice proizvoda i koje značajno određuju razinu prihvatljivosti te jedinice za korisnika“. Međutim, za mesnu industriju pojam „kvaliteta mesa“ koristi se kako bi se opisale sveukupne karakteristike mesa, koje uključuju fizikalna, kemijska, morfološka, biokemijska, mikrobiološka, senzorska, tehnološka, higijenska, nutritivna te kulinarska svojstva mesa (Ingr, 1989). U pogledu opisanih svojstava, prvotno izgled, kojeg u najvećoj mjeri determinira boja mesa, te zatim tekstura, sočnost, tvrdoća, nježnost, miris i okus mesa, čine najvažnija perceptibilna svojstva koja ocjenjuju senzoričari (Mir i sur., 2017).

Važno je naglasiti da je za potrošače glavni kriterij kvalitete prilikom izbora mesa, odnosno kupovine, upravo senzorsko svojstvo *izgled mesa*, pod kojim se najčešće podrazumijeva njegova boja. Ostala svojstva mesa, kao što su nježnost, sočnost, otpuštanje vode i kalo kuhanja također su važni, ali tek nakon kupnje. Ova svojstva iznimno su važna u smislu prerade mesa, kao tehnološki parametri, te daju mesu dodanu vrijednost (Kralik i sur., 2001).

Obzirom na veliki broj pokazatelja koji opisuju kvalitetu mesa, puno je čimbenika koji na njih utječu. To su, prije svega, genetika, zatim uzgoj, hranidba, stres, postupanje nakon klanja, pohrana mesa i njegova termička obrada. Uočljivo je da uslijed tako velikog broja čimbenika, i broj potencijalnih interakcija velik, stoga između njih nije jednostavno postaviti jednoznačan odnos. Međutim, na temelju brojnih radova i istraživanja može se zaključiti da optimizacija hranidbe može imati značajan učinak na kvalitetu mesa generalno, pa samim tim i na veliki broj navedenih pokazatelja (Fremery, 1966; Acton, 1973; Evans i sur., 1976; Cunningham i sur., 1977; Farrell, 1991; Smith, i sur., 1993; Xiong i sur., 1993; Qiao i sur., 2002; Fletcher, 2002).

2.3.1. Potrošnja mesa pilića

Potrošnju mesa peradi u mnogim zemljama prati trend povećanja, posebno od kada medicinski stručnjaci preporučuju manju konzumaciju mesa krupne stoke (Kralik i sur., 2006; Kokoszynski i sur., 2013), odnosno, uopćeno rečeno, crvenog mesa.

Potrošnja mesa peradi u svijetu prosječno se kreće oko 12 kg /god /stanovniku. Najveća je u Izraelu (69 kg), zatim u SAD-u (50 kg), te u Mađarskoj (33 kg) (Domaćinović i sur., 2015). Zbog povoljne cijene i zadovoljavajuće nutritivne kakvoće, potrošnja mesa peradi po članu kućanstva u Republici Hrvatskoj veća je od ostalih vrsta mesa (Kralik i sur, 2006.), te veća u odnosu na svjetski prosjek. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske (2012 - 2024) ukupna potrošnja mesa peradi u Hrvatskoj značajno je porasla u posljednjih 10 godina, što se može zaključiti iz podataka da je u 2012. godini iznosila 88 232 000 tona, dok je 2023. godine iznosila 113 587 000 tona. U usporedbi s tim, nacionalna proizvodnja mesa peradi u 2012. godini bila je 81 140 000 tona, a 2023. godine 89 500 000 tona, iz čega se može vidjeti da RH nije samodostatna po pitanju proizvodnje mesa peradi, te da proizvodnja raste sporije nego potrošnja. Moguće da je razlog ovoga trenda i stoga što je u posljednjih pet godina (2019. - 2023.) proizvodnja mesa peradi bila je opterećena raznim tržišnim poremećajuma, od COVID-19, do rata u Ukrajini (Bobetić, 2024). Međutim, unatoč tim činjenicama, proizvodnja mesa peradi na razini zemala EU u protekle četiri godine rasla je po prosječnoj godišnjoj stopi od 2 %, dok je samo u prošloj godini potrošnja mesa peradi porasla za 2,6 % (Bobetić, 2024).

2.3.2. Proizvodni pokazatelji

Meso pilića čine dvije osnovne skupine mišića – prsa (bijelo meso), te batkovi i zabatci (tamno, odnosno crveno meso). Ove dvije skupine mišića međusobno se razlikuju po biokemijskim svojstvima, senzorskim svojstvima (npr. okus i aroma) i ostalim pokazateljima kvalitete (Xiong i sur., 1993; Kralik i Petrićević, 1993; Kralik i sur, 2001).

Kako bi se proizvođačima pilića dale što cjelovitije upute za proizvodnju kvalitetnog (nutritivno vrijednog) i od strane potrošača prihvatljivog pilećeg mesa, brojni autori ističu važnost proizvodnih i tehnoloških pokazatelja kakvoće mesa pilića (Klosavska i sur., 1979; Kralik i Petrićević, 1993; Kralik i sur., 2001; Florowski i sur., 2002; Stahl i sur., 2003).

U proizvodne pokazatelje ubrajaju se kontrola prirasta, konzumacija i konverzija hrane, proizvodni broj i randman klanja (Kralik i sur., 2008).

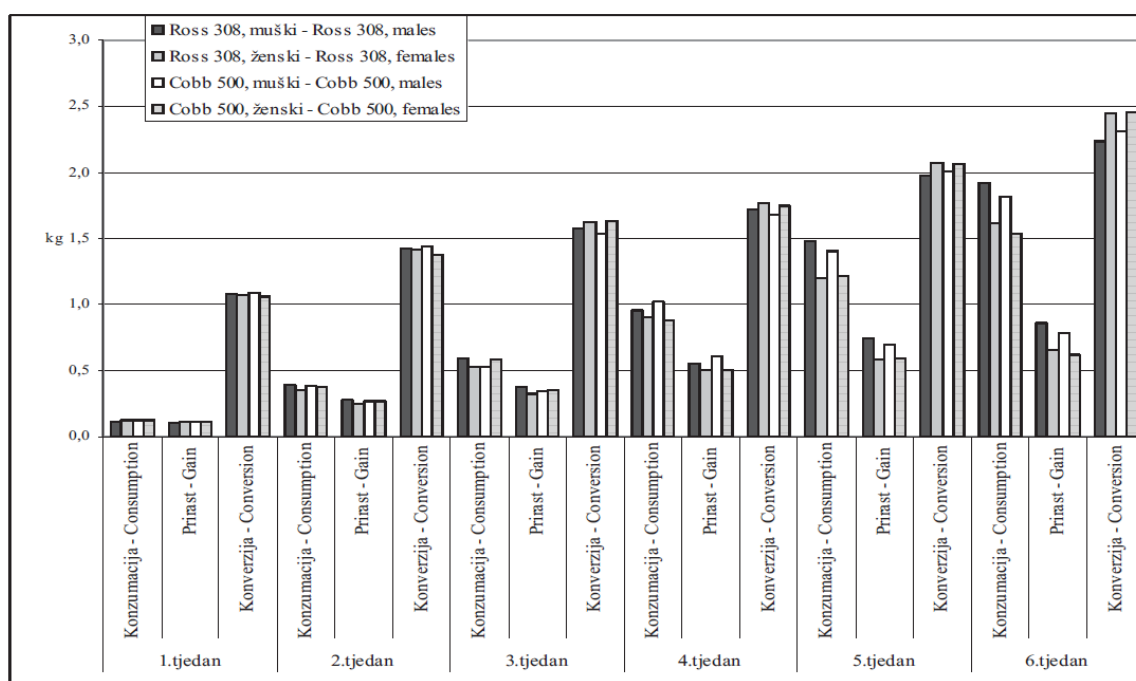
Kontrola prirasta je važno svojstvo koje je vezano uz konzumaciju hrane i njezinu iskoristivost. Za različite hibride tovnih pilića postoje točno određene vrijednosti prirasta obzirom na krmne smjese koje se koriste u tovu, iskazane po tjednima i u gramima težine, a koje daju sami proizvođači. Ove vrijednosti proporcionalno se mijenjaju iz dana u dan, odnosno iz tjedan u tjedan, te se i vaganje pilića provodi na tjednoj bazi. Dnevni prirast izražava se za razdoblje od 7 dana ili za razdoblje hranjenja određenom smjesom, dok dnevna potrošnja predstavlja količinu konzumirane hrane po jedinki ili cijelom jatu, također za tjedno razdoblje ili za razdoblje hranjenja određenom vrstom smjese (Kralik i sur.,2008). Svojstva tovnosti pilića Ross 308 u odnosu na Cobb 500 ispitali su Kralik i sur. (2007) te Hascik i sur. (2010) kako bi utvrdili razlike u ovim svojstvima između hibrida, te posljedično i kakvoću mesa. Pilići Ross 308 hibrida tovljeni su 42 dana standardnim smjesama prema uputama proizvođača te su postigli sljedeće vrijednosti žive mase tijekom 6 tjedana tova, što je prikazano u **Tablici 11**.

Tablica 11 Mase pilića Ross 308 hibrida tijekom 6 tjedana tova (Kralik i sur., 2007)

Dob	Statistički parametar	Ross 308	
		Muški (g)	Ženski (g)
1. tjedan	\bar{x}	149,74	151,83
	sd	18,62	23,84
	$s\bar{x}$	3,58	4,35
2. tjedan	\bar{x}	423,96	400,17
	sd	60,38	71,20
	$s\bar{x}$	11,62	12,99
3. tjedan	\bar{x}	796,44	724,98
	sd	94,51	143,60
	$s\bar{x}$	18,96	26,22
4. tjedan	\bar{x}	1352,37	1235,23
	sd	141,24	193,57
	$s\bar{x}$	27,18	35,34
5. tjedan	\bar{x}	2098,37	1816,30
	sd	180,89	249,63
	$s\bar{x}$	34,81	45,57
6. tjedan	\bar{x}	2956,30	2474,27
	sd	217,56	264,72
	$s\bar{x}$	41,67	48,33

\bar{x} – aritmetička sredina mase pilića (g); sd - standardna devijacija; $s\bar{x}$ - standardna pogreška aritmetičke sredine

Paralelno s kontrolom prirasta izračunava se konzumacija i konverzija hrane, obzirom na količinu potrošene hrane u promatranom razdoblju. Konverzija hrane je stupanj iskorištenja hrane u prirast tjelesne mase pilića koja se dobije računskim putem iz odnosa potrošene hrane i ostvarenog prirasta u određenoj jedinici vremena. Prosječna konverzija kreće se oko 1,8 kilograma krmne smjese za kilogram prirasta (Kralik i sur., 2008). Na **Slici 5** prikazano je praćenje konzumacije, konverzije i prirasta tijekom standardnog tova od 42 dana za piliće hibrida Ross 308, budući da su ista metodologija i isti hibrid korišteni i tijekom pokusa u ovom istraživanju.



Slika 5 Konzumacija i konverzija hrane te prirast za piliće hibrida Ross 308 tijekom tova (42 dana) (Kralik i sur., 2007)

Međutim, prirasti i konverzija hrane kod divljih ptica iz reda kokoši (*Galiformes*), što uključuje jarebice/trčke, prepelice, fazane i druge vrste pernate divljači, nešto se razlikuje u usporedbi sa rezultatima konverzije kod tovnih pilića. Rezultati istraživanja provedeni sa trčkama skvržuljama ili poljskim jarebicama (*Perdix perdix*) pokazali su da je pokusna skupina trčki iznimno brzo napredovala tijekom prvih 10 dana života kada su hranjene hranom visoke proteinske vrijednosti koja se najvećim dijelom sastojala od kukaca (pretežno *Tenebrio molitor*) u odnosu na pokusne skupine koje su dobivale industrijski pripremljenu hranu, te hranu samo na bazi žitarica (**Tablica 12**) (Southwood i Cross, 2002). Tome u prilog idu i brojna druga

istraživanja provedena u periodu od 1938. do 1996., koja upućuju na važnost kukaca kao sastojka hrane tijekom prva dva tjedna života kod peradi (Ford i sur., 193.; Southwood i Cross, 1969; Potts, 197.; Pulliainen, 198.; Helenius i sur., 199; Itämies i sur., 1996).

Tablica 12 Usporedni prikaz masa jarebica hranjenih niskoproteinskom i visokoproteinskom hranom tijekom prvih 10 dana života (Southwood i Cross, 2002)

Vrijeme (dani)	LPV		HPV	
	N	Masa (g)±sd	N	Masa (g)±sd
1	17	8,5±0,4	18	8,5±0,3
2	17	8,1±0,6	18	8,3 ±0,6
3	16	8,0±1,0	18	11,1±0,7
4	13	9,3±0,8	18	12,9±1,4
5	13	11,7±0,9	18	14,7±1,3
6	13	12,3±0,7	18	17,0±2,2
7	13	13,7±0,8	18	19,6±1,0
8	13	13,7±0,8	17	19,6±1,9
9	13	15,5±1,2	17	25,2±2,0
10	11	16,7±1,4	17	27,7±2,4

N – broj jarebica; LPV – hrana niske proteinske vrijednosti; HPV – hrana visoke proteinske vrijednosti; sd – standardna devijacija

Proizvodni broj određuje se na kraju tova, a predstavlja ekonomski parametar u proizvodnji pilećeg mesa te uzima u odnos udio utovljenih pilića s obzirom na početni broj pilića i prosječnu živu masu prema trajanju tova i konverziji hrane (Kralik i sur., 2008).

Parametar koji je iznimno važan u smislu svojstva tovnosti je randman klanja (klaoničko iskorištenje) koji predstavlja udio evisceriranog trupa bez vrata i iznutrica u % žive mase. U eksperimentalnim vrijednostima randman klanja iznosi od 69,98% do 73,70% za piliće hibrida Ross 308 (Kralik i sur., 2007; Kralik i sur., 2008; Kralik i sur., 2011). Pojedinačni udjeli osnovnih dijelova trupa, te udjeli tkiva u najvrjednijim dijelovima trupa prikazani su u **Tablicama 13 i 14.**

Tablica 13 Pojedinačni udjeli osnovnih dijelova i kože u najvrjednijim dijelovima trupa (Weimer i sur., 2022)

Masa trupa (g)	Udjeli osnovnih dijelova u trupu (%)				Koža
	Prsa	Batak i zabatak	File	Krila	
2856	27,71	28,44	14,46	9,58	0,98

Tablica 14 Pojedinačni udjeli osnovnih dijelova pilića hibrida 308, mužjaci (Ross 308 Performance Manual, 2022)

Masa trupa (g)	Udjeli osnovnih dijelova u trupu (%)				
	Trup	Prsa	Batak	Zabatak	Krilo
2800	73,10	25,51	13,87	9,80	7,52

2.4. TEHNOLOŠKA SVOJSTVA I KVALITETA MESA PILIĆA

Tehnološki svojstva kakvoće mesa pilića obuhvaćaju pH_1 i pH_2 vrijednosti, otpuštanje mesnog soka (eng. *drip loss*), sposobnost vezanja vode (Sp.v.v.) (eng. *water holding capacity*), kalo kuhanja (eng. *cooking loss*) i boju mesa, dok kvaliteta mesa pilića obuhvaća kemijska i senzorska svojstva.

Vrijednosti tehnoloških pokazatelja mišića prsa za piliće hibrida Ross 308 koji su tovljeni standardnim tovom i hranom sastavljenom prema preporukama proizvođača prikazane su u **Tablici 15**.

Tablica 15 Tehnološka svojstva mišića prsa (Kralik i Petričević, 1993.; Kralik i sur. 2007.)

Pokazatelj	Statistički parametar	Ross 308	
		Muški	Ženski
pH_1	\bar{x}	6,02	5,90
	sd	0,18	0,22
	$s\bar{x}$	0,05	0,06
pH_2	\bar{x}	5,86	5,74
	sd	0,10	0,09
	$s\bar{x}$	0,02	0,02
Sp.v.v. (cm ²)	\bar{x}	7,45	6,63
	sd	1,76	4,42
	$s\bar{x}$	0,46	0,37
L^*	\bar{x}	50,87	52,44

	sd	2,66	2,34
	$s\bar{x}$	0,69	0,58
a*	\bar{x}	2,83	2,53
	sd	1,42	1,06
	$s\bar{x}$	0,36	0,27
b*	\bar{x}	5,24	6,36
	sd	1,72	1,29
	$s\bar{x}$	0,44	0,33

pH₁ – vrijednost unutar 45 min nakon klanja; pH₂ – vrijednost nakon 12 i 24 sata nakon klanja i hlađenja na +4°C; Sp.v.v. (cm²) – sposobnost vezivanja vode; L* - svjetlina (eng. *color lightness*); a* - crvenkasta nijansa boje mesa (eng. *redness*); b* - žučkasta nijansa boje mesa (eng. *yellownes*); \bar{x} – aritmetička sredina; sd - standardna devijacija; $s\bar{x}$ - standardna pogreška aritmetičke sredine

2.4.1. Sposobnost vezanja vode, pH, kalo kuhanja i otpuštanje mesnog soka

Odnos između pH mišića i sposobnosti vezanja vode (Sp.v.v.) dobro je poznat i obrađen u literaturi (Briskey, 1964; Davis i sur., 1974; Honikel i sur., 1981) za meso brojnih animalnih vrsta. Sposobnost vezanja vode iznimno je važna prilikom proizvodnje raznih mesnih proizvoda i direktno korelira sa stabilnosti mesa (Dutson, 1983). Budući da je sposobnost vezanja vode u mesu mjera sposobnosti mesa da zadrži vlastitu vodu ili dodanu vodu, ovo je svojstvo također pod utjecajem brojnih fizioloških čimbenika (vrsta životinje, pasmina, spol, dob, tjelesna masa pri klanju, tip mišića i njegova anatomska pozicija, pH vrijednost), uzgojnih uvjeta (hranidba, sustav držanja, postupci sa životinjama prije klanja) te čimbenika vezanih uz klanje, uvjete hlađenja, zamrzavanja, odmrzavanja, zrenja i pakiranja (Karolyi, 2004; Žilić i sur., 2016).

Meso peradi koje ima nizak pH pokazuje nisku sposobnost vezanja vode i povećanje gubitka kod kuhanja (kalo kuhanja) te otpuštanje mesnog soka (Froning i sur., 1978; Barbut, 1993; Northcutt i sur., 1994). Također je ustanovljeno da meso s niskim pH vrijednostima ima manju nježnost (Froning i sur., 1978; Barbut, 1993), ali duži rok trajanja (Allen i sur., 1997). U **Tablici 16** prikazane su vrijednosti za odnos pH, udjela vode (%) i Sp.v.v. (%) za tamno, normalno i svijetlo meso. Više vrijednosti za maseni udio zadržane vode u mesu upućuju na bolji kapacitet zadržavanja vode, odnosno sočnije i nježnije meso, s čime negativno koreliraju i niže pH vrijednosti.

Tablica 16 Odnos pH, udjela vode (%) i S.v.v. (%) za za tamno, normalno i svijetlo meso (Qiao i sur, 2002)

Vrsta uzorka	pH $\bar{x} \pm sd$	voda (%) $\bar{x} \pm sd$	S.v.v. (%) $\bar{x} \pm sd$
Tamno	6,23±0,2	76,23±0,12	38,50±1,56
Normalno	5,96±0,3	76,35±0,11	43,77±1,84
Svijetlo	5,81±0,2	76,72±0,08	51,73±1,84

voda (%) – maseni udio vode u mesu; S.v.v. (%) – maseni udio zadržane vode u mesu

Kiselost mišićnog tkiva, koje izražavamo kao pH mesa, iznimno je važan pokazatelj kada govorimo o kvaliteti mesa. Pod određenim uvjetima metabolizma, kiselost mišićnog tkiva utječe na mnoge čimbenike kvalitete koji uključuju teksturu mesa, gubitke prilikom kuhanja, nježnost mesa i kapacitet zadržavanja vode (Dutson, 1983).

2.4.2. Boja pilećeg mesa

Boja mesa jedan je od pokazatelja koji je osobito značajan za tehnologiju prerade mesa pilića i upućuje na njegovu pogodnost za daljnju preradu. Utvrđivanje boje mesa provodi se u cilju ranog otkrivanja tzv. „blijedog, mekanog i vodnjikavog mesa“, tehnološki manje prihvatljivog za daljnju preradu (McCruddy i sur., 1996; Barbut, 1997; Owens i sur., 2000), te nepoželjnu za potrošača.

Mnoge čimbenike koji utječu na boju mesa peradi razmatrali su Mugler i Cunningham (1972) te su ih definirali kroz spol, dob, soj, postupke prerade, izloženost kemijskim sredstvima, temperaturu kuhanja, ozračivanje i uvjete zamrzavanja. Utvrđeno je da svaki od navedenih čimbenika ima različit učinak na konačnu boju mesa, a samim tim i prihvaćanje od strane potrošača.

Kako bi razmotrili povezanost utjecaja pH mišića i boje mesa, potrebno je opisati dva svojstva koja se u literaturi navode kao tamno, tvrdo i suho meso (eng. *dark, firm and dry - DFD-like meat*) te svijetlo, meko i vodnjikavo meso (eng. *pale, soft and exudative - PSE-like meat*). Viša vrijednost pH povezuje se sa tamnijim mesom, dok se niža vrijednost pH povezuje sa svijetlim mesom. Međutim, oba pojma ukazuju na lošija funkcionalna svojstva, ili se barem smatraju čimbenicima koji doprinose varijacijama u proizvodu. Brojni su znanstvenici u svojim

istraživanjima dokazali ovu važnu činjenicu (Barbut, 1993; Boulianne i King, 1995 i 1998; Allen i sur., 1997; Fletcher, 1999; Fletcher i sur., 2000).

Kako bi izmjerili, klasificirali i reproducirali očitavanja boje mesa neophodno je uspostaviti objektivne instrumentalne parametre. Boja mesa najčešće se određuje uz pomoć CIE skale prilikom čega se određuju L^* , a^* , b^* vrijednosti te nijanse boja. CIE Lab definira L^* , a^* , b^* vrijednosti prema međunarodnom standardu za određivanje boje koji je 1976. godine usvojila Međunarodna komisija za rasvjetu (*Commission International d'Eclairage* (CIE)) (Girolami i sur., 2013). Kod ove metode, vrijednost L^* označava svjetlinu, čije se vrijednosti kreću u rasponu od 0 do 100 (od crne do bijele). Vrijednosti a^* i b^* mogu biti pozitivne i negativne jer nemaju numerički limit. Pozitivne a^* vrijednosti označavaju crveni dio, a negativne vrijednosti zeleni dio spektra, dok pozitivne b^* vrijednosti označavaju žuti, a negativne plavi dio spektra (Papadakis i sur., 2000; Yam i Papadakis, 2004). CIE svjetlosne vrijednosti opisuju se na sljedeći način: svjetlije od normalnog ($L^* > 53$), normalno ($48 < L^* < 53$) i tamnije od normalnog ($L^* < 46$) (Qiao i sur., 2002).

Ključni čimbenici koji utječu na boju mesa pilića su količina hem –pigmenta, stanje peradi prije klanja, sam način klanja, hlađenje i uvjeti procesiranja mesa (Froning, 1995). Na stupanj denaturacije proteina i izgled mesa, koji ovisi o temperaturi mesa nakon klanja i pH-u, utječu količina svjetla koja se reflektira iz vanjskih i unutarnjih slojeva mesa, budući da je raspršivanje svjetlosti direktno proporcionalno s razinom denaturacije proteina (Lawrie, 1991). Raspršivanje svjetlosti utječe na svjetlinu mesa (L^*) suprotno od načina na koji djeluje razina hem pigmenta, sa minimalnim učinkom na „crvenilo“ (a^*) i „žutinu“ (b^*) mesa. Wattanachant i sur. (2004) proučavali su odnos pH vrijednosti i svjetline boje (eng. *color lightness*, L^*), odnosno L^* vrijednosti mišića prsa i bataka sa zabatcima te su izmjerili da bataci koji imaju vrijednost pH od 6,62 pokazuju L^* vrijednost od 32,53, dok pri pH vrijednosti 5,93 za mišiće prsa, vrijednosti L^* iznosi 38,79, podupirući tvrdnju da tamnije meso ima više vrijednosti za pH. Le Bihan-Duval i sur. (1999) ustanovili su da meso prsa pilića ima prosječnu pH vrijednosti od 5,77 i prosječni L^* od 50,7. Lonergan i sur. (2003) izmjerili su prosječnu pH vrijednosti mesa prsa kod pilića od 5,82 te prosječnu vrijednost za L^* od 43,34, što se može odražavati i na boju kuhanog mesa (Fletcher i sur., 2000). U **Tablici 17** prikazane su vrijednosti boje L^* , a^* i b^* za tamno, normalno i svijetlo meso ispitivano neposredno nakon klanja, 24 h nakon klanja i nakon homogenizacije kako su ga odredili Qiao i sur. (2002).

Tablica 17 Vrijednosti boje L*, a* i b* za tamno, normalno i svjetlo meso ispitivano neposredno nakon klanja, 24 h nakon klanja i nakon homogenizacije (Qiao i sur., 2002)

Vrijeme analize	Vrsta uzorka	L* $\bar{x} \pm sd$	a* $\bar{x} \pm sd$	b* $\bar{x} \pm sd$
0 sati	tamno	43,47±0,25	4,93±0,28	3,68±0,16
	normalno	49,72±0,08	3,34±0,24	4,34±0,25
	svijetlo	55,22±0,16	2,78±0,16	4,87±0,25
24 sata	tamno	45,68±0,22	5,40±0,21	4,18±0,20
	normalno	51,32±0,31	4,09±0,17	5,06±0,21
	svijetlo	55,95±0,22	3,42±0,09	5,56±0,23
Nakon homogenizacije	tamno	57,83±0,27	5,01±0,27	9,05±0,21
	normalno	62,07±0,54	4,38±0,22	9,68±0,25
	svijetlo	64,34±0,60	3,75±0,17	9,55±0,14

L* - svjetlina (eng. *color lightness*); a* - crvenkasta nijansa boje mesa (eng. *redness*); b* - žučkasta nijansa boje mesa (eng. *yellowness*)

Allen i sur. (1997 i 1998) te Dutson (1983) dokazali su da varijacije boje mesa, prvenstveno zbog pH, značajno utječu na njegovu trajnost, razvoj mirisa, podizanje vlage tijekom mariniranja, gubitak kapljica, kapacitet zadržavanja vode i kalo kuhanja. Druga skupina autora (Qiao i sur., 2002) izvjestila je da meso pilića u rasponu boja od vrlo svijetlog do vrlo tamnog također pokazuje i značajne razlike u kemijskom sastavu. Zaključili su da stres, iako kratkotrajni, može prouzročiti varijacije u boji mesa, kao i razlike u sastavu, uslijed kojih meso poprima svjetliju ili tamniju boju. Utjecaj dobi i spola peradi na boju mesa proučavali su Froning i sur. (1968) te su svojim pokusom ustanovili da kod pilića starije dobi L* vrijednost mišića prsa i bataka opada, bez obzira na spol pilića.

Utjecaj hibrida na boju mesa uspoređivali su Bianchi i sur. (2006). Istraživanje u sprovedli na dva hibrida pilića - Cobb 500 i Ross 308, te su zaključili kako ne postoje razlike u boji mesa prsa između ova dva hibrida, odnosno da razlika u boji nije uvjetovana genotipom pilića.

Na boju mesa peradi može utjecati i hranidba, odnosno sastav smjese. Smith i sur. (2002) ustanovili su da kada se hranidba peradi zasniva na pšenici, meso je značajnije svjetlije boje, u odnosu na meso peradi hranjene smjesom koja je sadržavala kukuruz.

Allen i sur. (1998) ustanovili su da se niski pH mesa peradi može dovesti u vezu s niskim kapacitetom zadržavanja vode koje rezultira povećanjem na kalu kuhanja te otpuštanju mesnog

soka. Razlog zbog kojeg meso s nižim pH ima svjetliju boju i manju sposobnost vezanja vode je stoga što je pH bliži izoelektričnoj točki proteina. Navedena korelacija upućuje na to da se mjerenjem boje, koja je također u korelaciji sa vrijednostima pH, može odrediti PSE mesa, a samim tim i predvidjeti neka svojstva teksture koja su važna za tehnološku obradu. Uočeno je da je kod uzoraka sa $L^* \geq 49$ sposobnost vezanja vode slabija (mjereno 24 sata *post mortem*).

U **Tablici 18** prikazani su tehnološki pokazatelji kvalitete mesa tovnih pilića hibrida Ross 308 koje su određivali Qiao i sur. (2002) kako bi ustanovili njihovu korelaciju u uvjetima standardnog tova.

Tablica 18 Prikaz tehnoloških pokazatelja mesa tovnih plića Ross 308 (Qiao i sur., 2002)

Pokazatelj	Boja pilećeg mesa		
	Tamno $\bar{x} \pm sd$	Normalno $\bar{x} \pm sd$	Svijetlo $\bar{x} \pm sd$
pH	6,23±0,02	5,69±0,03	5,82±0,02
L*	57,83±0,27	62,07±0,54	64,34±0,60
a*	5,01±0,27	4,38±0,22	3,75±0,17
b*	9,05±0,21	9,68±0,25	9,55±0,13
Voda (%)	74,54±0,15	74,45±0,24	74,85±0,27
Proteini (%)	23,27±0,09	22,96±0,17	22,58±0,16
Ukupne masti (%)	1,24±0,04	1,25±0,02	1,20±0,05
Željezo (mg/kg)	8,83±0,72	7,82±0,82	8,86±0,11
Glikogen (mg/kg)	6,9±0,60	7,20±0,64	7,1±0,68
Pepeo (%)	1,35±0,04	1,31±0,04	1,24±0,04

L* - svjetlina (eng. *color lightness*); a* - crvenkasta nijansa boje mesa (eng. *redness*); b* - žučkasta nijansa boje mesa (eng. *yellowness*); % - maseni udio

Sa biokemijskog stajališta, glavni čimbenici koji pridonose boji mesa peradi su sadržaj mioglobina, kemijski status hem strukture i pH mesa (Froning i sur., 1968; Fleming i sur., 1991; Froning, 1995). Pokazalo se da je sadržaj mioglobina prvenstveno vezan uz pasminu ili hibrid pilića, zatim njihovu starost te status mišića. pH mišića prvenstveno se odnosi na biokemijsko stanje mišića u vrijeme klanja i razvoj *rigor mortisa*. Fletcher (2002) ističe kako je učinak pH na boju mesa, sa biokemijskog stajališta, vrlo složen, budući da su hem- reakcije vezane i ovisne o pH vrijednostima mesa. Osim toga, pH mišića utječe na sposobnost vezanja vode iz proteina i stoga direktno utječe na fizikalnu strukturu mesa i njegova svojstva (Briskey, 1964). Nadalje,

pH utječe i na enzimске aktivnosti mitohondrijskog sustava na način da mijenja dostupnost kisika za reaktivnost hema (Ashmore i sur., 1972; Cornforth i Egbert, 1985). Do istog zaključka došli su u svojim istraživanjima Brewer i sur. (2012) te Smith (2002). Oni su dodatno zaključili kako porast količine mioglobina može biti povezan s porastom dobi pilića, te da spol pilića nema utjecaja na boju mesa pilića. Važno je istaknuti da se u mnogim pokusima pokazalo da je sadržaj mioglobina u mišićima prsa značajno manji nego u batkovima i zabatcima, jer crvena vlakna sadrže puno više mioglobina u odnosu na bijela vlakna. Meso bataka i zabataka ima visoki udio crvenih mišićnih vlakana, dok se meso prsa gotovo potpuno sastoji od bijelih vlakana (Barbut, 2001).

2.4.3. Kemijska svojstva mesa pilića

Kemijska svojstva mesa peradi bila su predmet brojnih istraživanja i studija, međutim uglavnom su provedena na cijelim trupovima. Uključivala su utjecaj hibrida, prehrane, dobi i spola na sastav, nutritivne vrijednosti te *ante-* i *post-mortem* čimbenike koji utječu na kvalitetu mesa (Fremery, 1966; Acton, 1973; Evans i sur., 1976; Cunningham i sur., 1977; Farrell, 1991; Smith i sur., 1993; Xiong i sur., 1993; Qiao i sur., 2002).

Iako postoje čvrsti dokazi da kratkotrajni *post - mortem* stres utječe na boju mesa, razlike u sastavu mesa, u smislu kemijskih promjena, mogu se pripisati i drugim čimbenicima, kao što je genetska predispozicija ili uvjeti/način uzgoja peradi. Nadalje, istraživači su utvrdili da na kemijski sastav mesa utječe i tip hibrida pilića (Evans i sur., 1976; Pandey i sur., 1985). Xiong i sur. (1993) su ustanovili da se za različite hibride ukupni sadržaj proteina kod bijelog mesa kreće od 20,7 do 23,6%, sadržaj vode od 74,6% do 75,9%, a sadržaj masti od 1 do 2%. Kod tamnog mesa vrijednosti su nešto drugačije: proteini se kreću od 18,1 do 21,3%, sadržaj vode od 72,8 do 73,8% i masti od 5,0 do 7,2%.

Nutritivni sastav pilećeg mesa također su ispitali mnogi autori. Primjerice, Janječić (2005) je ustanovio da 100 grama pilećeg mesa bez kože sadrži 21,5 g proteina, a s kožom 17,1 g. Glavno spremište masti u peradi je pod kožom, a ne intramuskularno kao kod drugih domaćih životinja, pa sadržaj masti u 100 g pilećeg mesa iznosi 6,9 g, a kod piletine s kožom količina masti je puno veća i iznosi 13,4 g. Razlika je također i između bijelog i tamnog pilećeg mesa - udio masti u bijelome mesu, odnosno mesu prsa, iznosi 1 %, dok je kod tamnog mesa, odnosno mesa bataka i zabataka, udio masti 2,5 %. Stoga je pileće meso visoko probavljivo za ljude.

Kralik i sur. (2001. ispitali su kakvoću bijelog mesa (mišići prsa) i tamnog mesa (mišići batkova i zabataka) pilića Ross 308 koji su utovljeni na konvencionalan način. Analiza je

obuhvatila sadržaj osnovnih sastojaka (proteini, masti, voda i pepeo), zatim makro i mikroelemente (Na, K, Mg, Mn, Ze, Fe), kao i zasićene, mononezasićene i polinezasićene masne kiseline. Dobiveni rezultati su prikazani u **Tablici 19** i **Tablici 20**.

Tablica 19 Sadržaj hranjivih sastojaka u mesu pilića (Kralik i sur., 2001)

Pokazatelj	Bijelo meso $\bar{x} \pm sd$	Tamno meso $\bar{x} \pm sd$
Voda (%)	74,01±0,06	74,56±0,05
Proteini (%)	24,15±0,05	20,96±0,05
Masti (%)	0,62±0,01	3,29±0,03
Pepeo (%)	1,22±0,004	1,19±0,003

Tablica 20 Sadržaj makro i mikro elemenata u mesu pilića (Kralik i sur., 2001)

Pokazatelj	Bijelo meso $\bar{x} \pm sd$	Tamno meso $\bar{x} \pm sd$
Kalcij (mg/100g)	359,22±3,21	322,00±11,00
Natrij (mg/100g)	61,86±1,03	86,45±1,17
Magnezij (mg/100g)	39,35±1,77	27,11±0,60
Cink (mg/100g)	1,09±0,07	2,30±0,01
Mangan (mg/100g)	0,08±0,01	0,09±0,01
Željezo (mg/100g)	1,79±0,06	1,98±0,04

Prema prehrambenim tablicama (Kulier, 1996), pileće meso u 100 g sadrži sljedeću količinu makro i mikroelemenata: kalij 230 mg, magnezij 25 mg, željezo 0,89 mg, cink 1,54 mg, bakar 0,04 mg i mangan 0,01 mg. Navedeni podaci razlikuju se od podataka dobivenih istraživanjem Kralik i sur. (2001), međutim, još neki autori (Acton, 1973) također su dobili drugačije vrijednosti za pojedine makro i mikroelemente, obzirom na to da li je analizirano bijelo ili tamno meso.

Meso tovnih pilića izvor je i vitamina B-kompleksa (tiamin, riboflavin i dr.) te drugih vitamina čije su vrijednosti prikazane u **Tablici 21**.

Tablica 21 Sadržaj vitamina u mesu pilića (Moreiras, 2005)

Pokazatelj	Trup	Prsa
Vitamin B1(mg)	0,10	0,10
Vitamin B2 (mg)	0,15	0,15
Vitamin B (mg)	10,4	14,0
Niacin (mg)	0,30	0,42
Vitamin B6 (mg)	2,00	2,00
Biotin (mg)	10,00	12,00
Folna kiselina (mg)	0,40	0,40
Vitamin A (mg)	9,00	16,00
Vitamin D (mg)	0,20	0,20
Vitamin E (mg)	0,20	0,29

Kolagen je proteinsko vezivno tkivo koje značajno doprinosi varijacijama u pogledu nježnosti i teksture mesa te stoga ima iznimno važnu ulogu u teksturi mesa i mesnih proizvoda. U samom mišiću osigurava čvrstoću te doprinosi žilavosti mišića. Također, utječe i na nutritivna svojstva mesa kao što su okus i sočnost (Whiting, 1989). Kolagen čini gotovo četvrtinu od ukupnog sadržaja proteina u organizmu i jedan je od najzastupljenijih. Među različitim tipovima kolagena najvažniji se nalaze u koži, kostima, hrskavici i glatkim mišićima (Mc Cormic, 1989). Molekule kolagena čine duge vlaknaste strukturne proteina, međusobno povezane intermolekularnim vezama. U mlađih organizama ove veze su pokretljivije, no vremenom ih zamjenjuju „zrelije“ veze koje su čvršće, toplinski stabilnije i slabije topive. Upravo udio veza, a ne ukupna količina kolagena, odgovoran je za tvrdoću mesa. Budući da udio zrelih veza raste s godinama, rezultat je da starije životinje imaju tvrde meso nego mlađe. Na nastanak ovih veza također utječe i brzina odrastanja, prehrana ili hranidba, te genetika. (Bailey, 1989) Za razliku od ostalih proteina u sisavaca, kolagen sadrži visoku koncentraciju 4-hidroksiprolina (do 14% mase kolagena sastoji se od hidroksiprolina, a samo do 1% od elastina). Glavne aminokiseline koje izgrađuju kolagen su glicin, prolin i hidroksiprolin i hidroksilizin (Bailey i Sims, 1977).

Kolagen je netopljiv u vodi, veoma je rastezljiv i nije probavljiv jer ga proteolitički enzimi ne razgrađuju. Kod starijih životinja uočena je veća količina netopljivog kolagena koja je povezana s oksidativnom deaminacijom i redukcijom lizina i hidroksilizina u kratke lance (Bailey, 1989) Posljedica ovih promjena je tvrde i žilavije meso. Dokazano je da na količinu i stupanj

umrežavanja kolagenskih vlakana utječu vrsta životinje, njezina starost i način uzgoja (McCormic, 1989)

Budući da je nježnost mesa jedan od najznačajniji čimbenika koji ima utjecaj na procjenu kvalitete mesa od strane potrošača, količina kolagena u tom kontekstu od iznimne je važnosti kao kvalitativni i senzorski pokazatelj u pogledu prihvatljivosti mesa od strane potrošača. Pileće meso sadrži od 1 do 2,5% vezivnog tkiva (kolagena i elastina), dok ga u mesu ostalih domaćih životinja ima znatno više (2 do 25%) (Marsh, 1977). Kolagen ima vrlo važnu ulogu i prilikom kuhanja mesa. Naime, prilikom zagrijavanja, kolagenska vlakna se skraćuju, uvjetuju gubitak tekućine te dolazi do smanjenja nježnosti mesa (Weston, 2002).

Masti su važna komponenta mesa koja između ostalog doprinosi i poželjnim senzorskim svojstvima mesa. Pojačavaju okus i aromu mesa te nježnost i sočnost (Špehar i sur., 2008). S druge strane, meso peradi sklonije je razvoju oksidativnih promjena (užeglosti) u usporedbi s crvenim mesom, odnosno mesom svinja i goveda, zbog većeg sadržaja fosfolipida, budući da je oksidacija masti primarni proces odgovoran za narušavanje kvalitete mesa tijekom skladištenja (Kostadinović i sur., 2015; Đinić i sur., 2016). Meso pilića ne sadrži trans masne kiseline. Više od polovice masnoća u mesu pilića čine mononezasićene masne kiseline (MUFA), a manje od jedne trećine su zasićenemasne kiseline (SFA) (Greger, 2014). Sastav masnih kiselina u mišićima pilećeg mesa ovisi o sastavu masnih kiselina krmne smjese, odnosno načinu hranidbe (Chartrin i sur., 2005). Kralik i suradnici (2000, 2005) utvrdili su da sadržaj esencijalnih masnih kiselina (linolne i α -linolne masne kiseline), kao i polinezasićenih masnih kiselina (PUFA), osobito ω – 3 masnih kiselina u mesu pilića uzgajanih na otvorenom značajno veći u odnosu na sastav masnih kiselina kod pilića koji su uzgajani ekstenzivnim načinom u peradarniku.

Sočnost mesa glavni je kriterij prihvatljivosti od strane potrošača, a ona je također usko povezana sa sadržajem masti koju uglavnom čine zasićene i mononezasićene masne kiseline (Kralik i sur., 1996). Općenito, po pitanju masnih kiselina, u mesu su najzastupljenije MUFA i SFA. Najprisutnije masne kiseline su oleinska (C 18:1), palmitinska (C 16:0) i stearinska (C 18:0). Pileće meso sadrži nešto malo više SFA, u odnosu na janjeće i goveđe meso, kao i PUFA, od kojih je najznačajnija linoleinska (C 18:3 ω 3).

Najnovije smjernice unosa hranjivih tvari, objavljene kao rezultat zajedničkih konzultacija stručnjaka WHO i FAO (WHO, 2003) temelje se na konsenzusu da uravnotežena prehrana ima preventivne učinke na kronične nezarazne bolesti, kao što su pretilost, dijabetes tipa 2, neke

vrste raka i bolesti krvožilnog sustava. Ove smjernice uključuju sljedeće ciljeve za unos masnoća iz hrane: ukupne prehrambene masnoće u iznosu od 15-30 % energije, zasićene masne kiseline (SFA), <10 % energije, n-6 polinezasićene masne kiseline (n-6 PUFA), 5-8 % energije; n-3 polinezasićene masne kiseline (n-3 PUFA), 1-2 % energije; trans masne kiseline, <1 % energije. Preporučena vrijednost za mononezasićene masne kiseline (MUFA) izračunata je na sljedeći način: MUFA = ukupna masnoća - (SFA + PUFA + trans masne kiseline). Poznato je da zasićene masne kiseline povećavaju ukupni kolesterol i lipoprotein niske gustoće (LDL – kolesterol), a glavni uzroci tog učinka su nastajanje miristinske (C 14:0) i palmitinske (C 16:0) kiseline. Stearinska kiselina (C 18:0) se pretvara u oleinsku kiselinu (C 18:1) *in vivo* i nije dokazano da podiže razinu kolesterola u krvi. Međutim, kolesterol je vrlo važan u prehrani čovjeka. Sadržaj kolesterola u 100 g pilećeg mesa s kožom je 75 mg, a u pilećih prsa bez kože iznosi 64 mg. Sadržaj kolesterola usko je povezan sa sadržajem masti u tkivu, te je ustanovljeno da je veći udio kolesterola u tamnom nego u bijelom mesu (Kralik i sur., 2001; Kralik i sur., 2013). Također je ustanovljeno da na sastav masnih kiselina kod mesa pilića utječe i način uzgoja, odnosno da li su pilići uzgojeni na intenzivan ili ekstenzivan način. S načinom uzgoja ponovno je povezana i njihova hranidba (Žlender i sur., 2000; Kralik i sur., 2005). Pokazalo se da pilići koji su uzgojeni na ekstenzivan način imaju povoljniji sastav masnih kiselina u odnosu na one uzgojene na intenzivan način, budući da je udio esencijalnih masnih kiselina (linolne i α -linolne kiseline), kao i polinezasićenih masnih kiselina (ω -3 i ω -6 masne kiseline), u njihovom mesu veći.

Masne kiseline utječu i na mnoge tehnološke specifičnosti kvalitete mesa. Uslijed međusobnih razlika u točkama taljenja masnih kiselina, varijacije u sastavu masnih kiselina u mesu imaju važan učinak na tvrdoću ili mekoću mesa, ovisno o tome govorimo li o masnoćama smještenima ispod kože, unutar mišića ili između mišića. Skupine masnih stanica koje se sastoje od čvrste masnoće sa višim točkama taljenja, daju dojam svjetlije (bjelije) boje mesa u usporedbi s masnoćom koja ima niže točke taljenja i manje je čvrsta. Stoga masnoće utječu na boju mesa kao još jedan od čimbenika kvalitete. Svojstvo nezasićenih masnih kiselina da brzo oksidiraju, osobito onih sa dvije i više dvostrukih veza, važno je sa stajališta roka trajnosti mesa, odnosno sposobnosti kvarenja. Međutim, sposobnost oksidacije važna je i prilikom razvoja arome mesa tijekom kuhanja, odnosno termičke obrade (Wood i sur., 2003). Ustanovljeno je da se kod peradi masne kiseline apsorbiraju iz crijeva nepromijenjene te da se takve ugrađuju u masno tkivo. Budući da se polinezasićene masne kiseline (linolna i α -linolna) ne mogu sintetizirati u organizmu, nužan je njihov unos putem hrane, pri čemu tkivo, odnosno organizam, značajno

reagira na promjene u prehrani. S druge strane, zasićene i mononezasićene masne kiseline imaju sposobnost sintetiziranja te na njihovu koncentraciju prehrana ima manje značajan utjecaj (Wood i Enser, 1979).

Sadržaj masnih kiselina u mesu prsa i bataka Ross 308 hibrida prikazan je u **Tablici 22**.

Tablica 22 Sadržaj masnih kiselina u mesu prsa i bataka hibrida Ross 308 (Kralik i sur., 2001)

Masna kiselina (% u ukupnim masnim kiselinama)	Bijelo meso $\bar{x} \pm sd$	Tamno meso $\bar{x} \pm sd$
Laurinska (C 12:0)	0,57±0,01	0,49±0,11
Miristinska (C 14:0)	0,75±0,05	0,94±0,03
Palmitinska (C 16:0)	23,50±0,19	21,81±0,21
Hepadeksanska (C 17:0)	0,39±0,02	0,30±0,01
Stearinska (C 18:0)	15,07±0,63	11,50±0,45
Arahinska (C 20:0)	0,13±0,02	0,23±0,02
Σ SFA	40,41	35,27
Palmitoleinska (C 16:1)	1,26±0,15	2,05±0,17
Oleinska (C 18:1)	25,45±1,00	29,01±0,68
Eikozenska (C 20:1)	0,31±0,02	0,43±0,01
Neuronska (C 24:1)	2,05±0,18	0,66±0,08
Σ MUFA	29,07	32,15
Linolna (C 18:2 ω 6)	12,68±0,55	16,59±0,26
Eikodeinska (C 20: 2 ω 6)	0,64±0,02	0,56±0,02
Arahidonska (C 20: 4 ω 6)	4,07±0,34	3,07±0,25
Σ PUFA ω 6	17,39	20,22
Linolenska (C 18:3 ω 3)	0,49±0,04	0,72±0,03
Eikopentatenska (C 20: 5 ω 3)	0,49±0,04	0,41±0,02
Dokozapentatenska (C 22: 5 ω 3)	1,79±0,19	1,37±0,10
Dokozaheksaenska (C 22: 6 ω 3)	2,82±0,27	2,06±0,17
Σ PUFA ω 3	5,59	4,56
PUFA ω 6/PUFA ω 3	3,11	4,43
PUFA/SFA	0,57	0,70
PUFA/MUFA	0,79	0,77
MUFA/SFA	0,72	0,91

SFA – zasićene masne kiseline (eng. *saturated fatty acids*); MUFA – mononezasićene masne kiseline (eng. *monounsaturated fatty acids*); PUFA – polinezasićene masne kiseline (eng. *polyunsaturated fatty acids*)

Analiza sadržaja masnih kiselina u većini slučajeva pokazuje statistički značajne razlike između bijelog i tamnog mesa. U skupini zasićenih masnih kiselina, kod obje vrste mesa najzastupljenije su palmitinska (C 16:0) i stearinska kiselina (C 18:0), koje čine 23,50 % i 15,07 % u bijelom, odnosno 21,81 % i 11,50 % u tamnom mesu. Oleinska kiselina (C18:1) značajnije je sadržana u tamnom nego u bijelom mesu (29,01 % i 25,45 %). Polinezasićena linolna kiselina (C18:2 n) također se nalazi u većoj količini u tamnom nego u bijelom mesu (16,59 % i 12,68 %). Rezultati istraživanja sadržaja masnih kiselina također pokazuju da se SFA (C12:0, C 14:0, C 16:0, C 18:0 i C 20:0) deponiraju u većoj količini u bijelom mesu nego u tamnom mesu (40,41 % i 35,27 %). PUFA (C 18: 3 ω 3, C 20:5 ω 3, C 22:5 ω 3 i C 22:6 ω 3) također se nalaze u većoj količini u bijelom nego u tamnom mesu (5,59 % i 4,56 %). MUFA (C 16:1, C 18:1, C 20:1 i C 24:1) se deponiraju obrnuto, više u tamnom nego u bijelom mesu (32,15 % i 29,07 %). Općenito, može se zaključiti da su PUFA omega 6 masne kiseline (C 18:2 ω 6, C 20:2 ω 6 i C 20:4 ω 6) zastupljene u većoj količini u tamnom nego u bijelom mesu tovnih pilića (20,22 % i 17,39 %). Obrnuto, PUFA omega 3 masne kiseline (C 18:3 ω 3, C 20:5 ω 3, C 22:5 ω 3 i C 22:6 ω 3) nalaze se u većoj količini u bijelom nego u tamnom mesu (5,59 % i 4,56 %).

Odnos PUFA omega 6 / PUFA omega 3 povoljniji je u bijelom (3,11) nego u tamnom mesu (4,46). Sa stajališta ljudske prehrane koja ima pozitivan učinak na zdravlje mnogi autori preporučuju upravo takav omjer (Kralik i sur., 2001).

Utjecaj sadržaja masnih kiselina na meso pilića te prihvaćanje od strane potrošača proučavali su i brojni drugi autori (Tulescu i sur., 2010; Žlender i sur., 2000; Chartrin i sur., 2005; Škrtić i sur., 2009; Kralik i sur., 1996) te je utvrđeno kako se sadržaj masnih kiselina u tovnim smjesama značajno odražava na sastav masnih kiselina u njihovom trupu. Prilikom sastavljanja obroka za piliće nužno je voditi računa o pravilnom izboru krmiva ukoliko se želi proizvesti meso koje će svojim sastavom doprinijeti zdravlju ljudi. Naime, također je utvrđeno kako je idealan omjer masti u hrani za ljude 1:1:1 (SFA:MUFA:PUFA. Isto tako, omjer n-6/n-3 PUFA trebao bi biti što bliži omjeru 1:1.

2.4.4. Senzorska svojstva mesa pilića

Senzorska ocjena mesa pilića može se provoditi na sirovom, na kuhanom te na pečenom mesu. Kod sirovog mesa ocjenjuju se boja, konzistencija, tekstura i miris, dok se kod kuhanog i pečenog mesa ocjenjuje i okus mesa. Svaki od ovih pokazatelja ocjenjuju se numeričkom oznakom od 0 do 5, pri čemu je svaka numerička oznaka pobliže tekstualno opisana. Na primjer, za svojstvo „boja“ numerička oznaka 5 dodjeljuje se ukoliko je ona „karakteristična za

uzorak/proizvod/sirovinu“, numerička oznaka 3 - 4 se dodjeljuje ukoliko je „malo neujednačena“, numerička oznaka 1- 2 se dodjeljuje ukoliko je „neujednačena, suviše blijeda ili tamna“, te 0 ukoliko je „potpuno blijeda, sivo – zelene mrlje“ (Kokoszynski i sur., 2013).

Za početni odabir sirovog mesa kao proizvoda od strane potrošača, kao i za ukupnu ocjenu konačnog proizvoda, ključan je izgled mesa, kojeg definira njegova boja. Na temelju izgleda, potrošači najčešće izabiru ili odbacuju neki proizvod, što u konačnici, utječe i na ostala osjetila. Naime, brojni pokusi pokazuju da ukoliko je potrošaču neka hrana vizualno odbojna, biti će takva i po pitanju ostalih senzorskih svojstava, ako do kušanja uopće i dođe (Fletcher, 2002; Liu i sur., 2004; Resurreccion i sur., 2004; Horsted i sur., 2012; Aaslyng i sur., 2014). Prilikom odabira mesa temeljem izgleda (boje) ključno je o kojoj se vrsti mišića radi – tamnom ili svjetlom mesu. U pogledu boje, kod obe skupine mišića moguće su određene varijacije, međutim, za meso pilića specifično je da meso mišića prsa, u idealnim uvjetima, ima svjetlo ružičastu boju, dok meso bataka i zabataka ima tamnije ružičastu do crvenkastu boju. Varijacije u boji povezuju se s promjenama u mesu te najčešće ukazuju na određene nepravilnosti u tehnološkom procesu proizvodnje ili na rok trajnosti mesa (Allen i sur., 1997 i 1978).

Drugo iznimno važno svojstvo mesa u pogledu senzorskih svojstava je tekstura mesa, koja definira razinu tvrdoće mesa, jer ovisi o količini intramuskularne vode u mesu. Naime, količina vode koja je vezana uz mišićne proteine omogućava njihovo bubrenje, pri čemu ispunjava prostore između miofibrilnih vlakana dajući mesu čvršću strukturu. U trenutku klanja dolazi do prekida cirkulacije krvi, prestaje opskrba mišića kisikom i hranjivim tvarima te uslijed kemijskih i fizikalnih promjena dolazi do pretvorbe iz mišića u meso. Mišić ostaje bez energije te se ukrućuje (*rigor mortis*). Nakon određenog vremena meso ponovno poprima određenu mekoću, a stupanj te mekoće ovisi o starosti vezivnih tkiva. Njihova starost u funkciji je povezivanja kolagena u mišićima, a ovisi o starosti jedinke, o spolu, načinu držanja, hranidbi, genetici, hibridu i drugim čimbenicima.

Također, okus mesa jedno je od senzorskih svojstava koje se ocjenjuje nakon termičke obrade mesa i koristi se sa stajališta prihvatljivosti mesa od strane potrošača. Na ukupnu ocjenu ukusnosti mesa nakon termičke obrade, odnosno kuhanja, utječe interakcija šećera, aminokiselina, masti te oksidativnih procesa. Ove reakcije nisu jedinstvene samo za ukusnost mesa peradi, međutim zbog svojih specifičnosti u sastavu meso peradi pokazuje karakteristični ukus „mesa peradi“. Naime, produženo kuhanje mesa peradi (pilića) dovodi do pojačavanja okusa i arome uslijed Millardovih reakcija između šećera i aminokiselina iz mesa. S druge strane, prilikom pečenja mesa dolazi do razvoja velikog broja različitih heterocikličkih spojeva

koje definiraju specifičan ukus mesa, a također su povezane s kemijskim sastavom mesa, odnosno hranidbom pilića tijekom tova.

Brojni autori ispitivali su senzorska svojstva pilećeg mesa ovisno o promjenama u sastavu hrane za životinje, dodacima u hrani za životinje, razlikama u hibridima te ovisno o načinu uzgoja (Kokoszynski i sur., 2013; Ponte i sur., 2004; Hee-Joon i sur., 2010; Meller i sur., 2014; Đinić i sur., 2016; Puvača i sur., 2015).

Ocjenju senzorskih svojstava pilećeg mesa najčešće provode uvježbani panelisti na uzorcima kuhanog i/ili pečenog mesa. Također, ova ocjena se najčešće provodi na dvije različite kategorije mesa zbog različitog kemijskog sastava kod prsa (bijelo meso), te batka sa zabatkom (crveno meso). Kokoszynski i sur. (2013) uspoređivali su senzorska svojstva pilećeg mesa (prsa, te bataka sa zabatkom) različitih hibrida. Tom prilikom ocjenjivan je intenzitet arome pilećeg mesa, poželjnost okusa, sočnost, struktura i nježnost mesa. Za ocjenjivanje je korištena skala intenziteta do 5 bodova, prikazana u **Tablici 23**.

Tablica 23. Ocjenjivanje senzorskih svojstava kuhanog pilećeg mesa (Kokoszynski i sur., 2013.)

Senzorska svojstva			
Intenzitet arome	Poželjnost arome	Sočnost mesa	Nježnost mesa
Vrlo izražen - 5	Vrlo poželjna - 5	Sočno - 5	Vrlo nježno - 5
Izražen - 4	Poželjna - 4	Srednje sočno - 4	Nježno - 4
Blago izražen - 3	Neutralna - 3	Blago sočno - 3	Blago nježno - 3
Primjetan - 2	Blago nepoželjna - 2	Blago suho - 2	Tvrdo - 2
Neprijetan - 1	Vrlo nepoželjna - 1	Suho - 1	Vrlo tvrdo - 1

1, 2, 3, 4, 5 - ocjene

Za ocjenjivanje senzorskih svojstava pilećeg mesa Hee-Joon i sur. (2010) koristili su hedonističku skalu koja se sastojala od 9 mogućih odgovora pomoću koje su ocjenjivali stupanj dopadanja svojstva, poput boje, mirisa, okusa, teksture, sočnosti te ukupne prihvatljivosti.

Horsted i sur. (2012) uspoređivali su senzorska svojstva pilećeg mesa proizvedenog na dva različita načina uzgoja – organskom i konvencionalnom, kao i razlike u senzorskim svojstvima između različitih hibrida uzgajanih u navedenim uvjetima. Od senzorskih svojstava ocjenjivani su aroma, tekstura i okus kuhanog mesa te ukupni dojam. Zaključeno je da su se senzorski profili značajno razlikovali između pilića proizvedenih konvencionalnim načinom uzgoja u odnosu na piliće proizvedene organskim načinom uzgoja. Svojstva arome i okusa bila su bolje

izražena u mesu pilića proizvedenih organskim načinom uzgoja, dok su svojstva teksture mesa (osobito nježnosti) bila bolje ocijenjena u mesu pilića proizvedenih konvencionalnim načinom uzgoja, iako su razlike utvrđene i među hibridima. U pokusima se razlikovao i sastav smjese za tov. Pilići uzgajani organskim načinom uzgoja hranjeni su smjesom u kojoj je bilo 20 % kukuruza, bez animalnih dodataka, dok su pilići iz konvencionalnog tova hranjeni s dvije vrste smjese. Jedna je bila bez kukuruza, a druga s 15 % kukuruza, uz naknadno obogaćivanje smjese pšenicom od 7. do 38. dana tova, ali također bez animalnih dodataka. Međutim, pilići iz organskog načina uzgoja mogli su svoju hranu nadopuniti i drugim izvorima nutrijenata, uključujući one animalnog porijekla, za razliku od pilića u konvencionalnom tovu. Stoga, iako se u predmetnom istraživanju radilo o dva različita načina uzgoja, ova činjenica je zanimljiva i sa stajališta hranidbe, jer se ona neminovno odrazila i na senzorska svojstva mesa. Ispitanici su zaključili da postoje statistički značajne razlike u senzorskim svojstavima *boja, karakteristični mesni miris – bujon i masnoća* mesa. Naime, uzorci mesa pilića iz organskog uzgoja bili su prihvatljiviji za navedena senzorska svojstva. S druge strane, ispitanici su zaključili da je meso iz konvencionalnog uzgoja bilo *nježnije, mekše i manje vlaknasto*. Bovera i suradnici (2015) također su potvrdili da perad koja ima pristup hranjenju u okolišnim uvjetima, što odgovara organskom načinu uzgoja, prirodno bira kukce iz okoliša kao svoju hranu, a što se posljedično odražava na kvalitetu mesa. Slično istraživanje proveli su i Almasi i suradnici (2012.), koji, međutim, nisu ispitivali utjecaj razlike između hibrida, nego samo utjecaja načina uzgoja (organski i konvencionalni) na senzorska svojstva kuhanog bijelog pilećeg mesa. Zaključeno je kako panelisti nisu uočili značajne razlike između uzoraka, osim po pitanju sočnosti mesa. Ovakav zaključak je razumljiv, budući je poznato da su biokemijski parametri, koji se odražavaju na tehnološke pokazatelje mesa, kemijski sastav mesa, a onda neminovno i na senzorska svojstva mesa, drugačiji kod pilića uzgajanih u konvencionalnim uvjetima, u odnosu na one uzgajane organskim načinom uzgoja (Yates i sur., 1976).

Do sada je objavljeno vrlo malo radova koji su se bavili procjenom senzorskih svojstava mesa životinja namijenjenih za ljudsku prehranu hranjenih uvođenjem zamjene proteinske komponente određenim postotkom brašna kukaca, a osobito *Hermetia illucens*. Sealey i sur. (2011) proveli su istraživanje uvođenjem 25 % i 50 % *Hermetia illucens* kao zamjene za proteinsku komponentu u smjesi za hranidbu riba. Pokazalo se kako ne postoji značajna razlika između senzorskih svojstava mesa riba hranjenih hranom sa razilčitim udjelima *Hermetia illucens* u odnosu na kontrolnu skupinu. Naime, skupina od 30 neuvježbanih panelista nije

identificirala značajnu razliku između mesa riba kontrolne skupine i mesa riba hranjenih ovom zamjenom.

Onsongo (2017) sa Sveučilišta u Nairobiu je u svojoj doktorskoj disertaciji, proučavajući utjecaj zamjene proteinske komponente u standardnim smjesama za tov pilića sa određenim postotcima (5 %, 10 % i 15 %) brašna *Hermetia illucens* također zaključio da po pitanju senzorskih svojstava nije uočena značajna razlika.

Cullere i sur. (2018) istraživali su utjecaj brašna *Hermetia illucens* koje je korišteno kao zamjena proteinske komponente u hranidbi japanskih prepelica (*Coturnix coturnix japonica*) na svojstva tovnosti, tehnološka svojstva mesa, aminokiselinski sastav i senzorska svojstva mesa u kontroliranim uvjetima tova. Dobiveni rezultati istraživanja po pitanju senzorskih svojstava bili su u skladu s rezultatima istraživanja Sealey i sur. (2011.) i Onsogno (2017). Uvođenjem zamjene proteinske komponente u količinama od 10 % i 15 % u standardnu tovnu smjesu, senzorski panel nije utvrdio značajne razlike na uzorcima kuhanog mesa prsa japanskih prepelica za parametre mirisa, okusa i teksture.

Važno je napomenuti da se osim ocjenjivanja senzorskih svojstava pilećeg mesa u okviru senzorskih panela provode i studije tržišta. Takve studije su, još početkom 1960 - ih godina jasno pokazale izražene regionalne razlike u sklonostima potrošača za svježije meso pilića, temeljeno isključivo na boji kože (Courtenay i Branson, 1962; Davis, 1974; Heffner i sur., 1964), kao jednom od prvih senzorskih svojstava koje potrošači dovode u vezu sa kvalitetom mesa, odnosno svojstvima koja opisuju njegovu poželjnost. Naime, na temelju spomenutih studija zaključeno je da potrošači općenito preferiraju boju kože pilića u rasponu od bijele do blijedo žute, te duboko pigmentirane. Navedeno se povezuje s genetskom predispozicijom za polaganje karotenoidnih pigmenata u epidermisu, što ovisi o hibridu, ali i o hrani koju pilići konzumiraju tijekom uzgoja. S druge strane, proizvođači i prerađivači mesa vode brigu o svojstvima koja mogu imati negativan utjecaj na ove važne čimbenike, kao što je pigmentacija kože i mesa koja se automatski odražava na boju (Fletcher, 1999), osobito kod mesa pura (Froning, 1995). Posljednjih godina mnogi istraživači bavili su se upravo ovim pitanjem (Barbut, 1997; Allen i sur., 1998; Fletcher, 1999). Razlike u boji variraju od vrlo svijetlog (PSP) do vrlo tamnog, tvrdog i suhog mesa (DFD) te utječu na kvalitetu mesa za daljnju preradu (Qiao i sur., 2002).

Procjena boje sirovog mesa vizualnom evaluacijom najbliža je načinu procjene boje koju koriste potrošači prilikom kupovine, međutim u eksperimentalnim uvjetima pokazala se vrlo

složena, skupa i vremenski zahtjevna (Widenman i sur., 2016). Postoje dva tipa senzorskih panela koji se koriste u svrhu evaluacije boje svježeg mesa - uvježbani panelisti za određivanje boje i paneli potrošača. Najčešće se, ipak, koriste uvježbani panelisti kako bi njihovi nalazi bili što točniji i reproducibilniji (AMSA, 2012). Panelisti podliježu vrlo rigoroznim treninzima i testiranjima kako bi mogli koristiti propisane skale vrijednosti, jer standard propisuje stroge uvjete i broj panelista. Spomenuti treninzi su skupi, stoga sve navedeno doprinosi zahtjevnosti ispitivanja. Paneli potrošača funkcioniraju na drugi način. Članovima panela postavljaju se pitanja da daju ocjenu uzoraka na temelju osobnih sklonosti i prihvatljivosti, najčešće koristeći numeričke skale. Ovakav način ocjenjivanja detaljno su u svojim radovima opisali Meilgaard i sur. (1991) i Miller (1994).

Ocjenjivanje mesa i mesnih proizvoda od strane potrošača postaje sve važnije za industriju zbog njihovog direktnog utjecaja na odabir proizvoda, te shodno tome, i profitabilnosti industrije. Mnoge studije pokazuju da su potrošačka prosudba i sklonosti vrlo složene te uključuju mnoštvo čimbenika prilikom ocjenjivanja kvalitete i prihvatljivosti. Primijećeno je da potrošači najprije procjenjuju, a zatim kupuju, pri čemu na ocjenu kvalitete i senzorskih svojstava značajno utječu tradicionalne prehrambene navike, kao i prehrambene navike karakteristične za pojedinu regiju, naciju, dob, spol, razinu naobrazbe, socio-ekonomski status te psihološki motivi (simbolizam hrane, oglašavanje/reklamiranje, brand itd.), kao i fiziološki motivi (glad, nedostatak ili nedostupnost hrane, zdravstveno stanje) (Ristić i sur., 2017).

Drugi kritični čimbenik na koji potrošači iznimno reagiraju prilikom ocjene mesa peradi odnosi se na teksturu mesa. Ona se promatra kroz nježnost, odnosno tvrdoću mesa. Budući da na nježnost mesa utječu dob pilića, zrelost vezivnog tkiva, način uzgoja, sastav hrane, tip hibrida i drugi čimbenici, može se zaključiti da je iznimno složeno proizvesti meso koje će biti prihvatljivo za potrošače, upravo zbog interakcije svih navedenih čimbenika. Zrelost vezivnog tkiva ovisi o kemijskom povezivanju kolagena u mišićima, stoga starenjem životinje meso postaje žilavije i tvrđe (Barbut, 1997).

Budući da hranidba pilića direktno utječe na kvalitetu mesa, Đinić i sur. (2016) proučavali su kemijski sastav i senzorska svojstva mesa pilića u uvjetima kada su u hranu za perad dodavani biljni ekstrakti. Zaključeno je kako je utjecaj na senzorska svojstva mesa bolje izražen kada se određeni spojevi pohranjuju u meso putem metabolizma, dakle putem hranidbe, jer se ugrađuju na najpotrebnije ili najpoželjnije mjesto. U tom slučaju i sastav mesa, odnosno njegova prihvatljivost od strane potrošača, postaje bolja i prihvatljivija.

U istraživanju sklonosti potrošača koje su objavili Puvača i sur. (2015), senzorska kvaliteta mesa ima visoke ocjene za miris, sočnost i ukupni dojam, pokazujući da dodavanje začina, uključujući češnjak, crni papar i crvenu papriku u hranu za piliće nije imalo negativan učinak na senzorska svojstva mesa. Nasuprot tome, Džinić i sur. (2013) procjenjivali su senzorska svojstva pilećeg mesa uz dodatak 2 % praha češnjaka u hranu za piliće, te su uočili prisutnost karakterističnog okusa i oštrog mirisa češnjaka u mesu. U istom istraživanju dodavanje češnjaka dovelo je do izvrsne kvalitete mesa s obzirom na sočnost i nježnost mesa. Slične rezultate dobili su Pavelková i sur. (2013) uz upotrebu eteričnog ulja origana u krmnim smjesama, što je rezultiralo poboljšanom senzorskom kvalitetom mesa, ali je negiralo ranije objavljene rezultate istih autora o utjecaju tog fitobiotika na promjenu okusa, sočnosti i nježnost mesa. Svi navedeni primjeri upućuju na važnost sastava krmne smjese koja se može, ali i ne mora odraziti na senzorska svojstva mesa pilića. Međutim, prilikom uvođenja novih komponenti u krmnu smjesu, a prije stavljanja mesa na tržište, senzorska ocjena mesa nužan je alat u ocjeni prihvatljivosti novog proizvoda te isplativosti nove tehnologije i samog proizvoda u cjelini.

Jedan od glavnih izazova s kojima se suočava uporaba proteina kukaca u hrani za životinje je javno prihvaćanje. U zapadnom društvu ova praksa se rijetko prakticira zbog nedostatka kulture povijesti entomofagije što znači da su kukci povezani s 'fuj faktorom' i da se na njih obično gleda kao na prijenosnike bolesti ili štetnike. S druge strane, niz skandala povezanih s hranom u posljednjim desetljećima doveo je do veće zainteresiranosti potrošača za načine proizvodnje hrane koju jedu. Stoga je važno da se uvođenje proteina kukaca kao sastojka hrane za životinje provodi na transparentan način uz savjetovanje i informiranje potrošača tijekom cijelog procesa.

Još jedan važan aspekt o kojem treba razmišljati prilikom zamjene dijela proteina porijeklom od soje proteinima porijeklom od kukaca je prihvatljivost ovako proizvedenog mesa od strane potrošača. Jedno od najvećih istraživanja na ovu temu provedeno je u okviru PROTeINSECT projekta, kojim je sa satajališta prihvatljivosti od strane potrošača zaključeno kako je 72,6% ljudi koji su odgovorili na anketu bilo spremno jesti ribu, piletinu ili svinjetinu od životinja hranjenih dijetom koja sadrži proteine kukaca. Samo 6,5% je reklo da ne bi. Nadalje, 65,8% ispitanika reklo je da su ličinke muha prikladan izvor proteina za upotrebu u hrani za životinje, a samo 6,1% reklo je ne. Na poslijetku, na pitanje trebaju li piletina, riba i svinjetina za prodaju ljudima, koji su hranjeni proteinima porijeklom od kukaca, biti jasno navedeni na etiketi hrane, 57,2% je odgovorilo potvrdno, dok je 30,1% odgovorilo negativno. Preostalih 12,7% ljudi odgovorilo je da ne zna. Nije napravljena procjena koliko često potrošači čitaju etikete na hrani

(PROteINSECT, 2016). U okviru ovog projekta napravljeno je i prvo nacionalno istraživanje percepcije potrošača vezano uz mogućnost proizvodnje i konzumacije mesa koje je proizvedeno korištenjem kukaca u hrani za životinje. Istraživanje je provela Hrvatska agencija za hranu 2015. godine putem otvorenog upitnika na 394 sudionika. Rezultati su pokazali da velikom broj ispitanika (41%) prihvatljivo i vrlo prihvatljivo hranjenje životinja hranom na bazi kukaca, te da rizika nema ili da je nizak, kao i da bi se osjećali donekle ugodno ili veoma ugodno kada bi jeli takvo meso. Trećina ispitanika nije imala stav s obzirom na prihvatljivost i kakav bi bio osjećaj kada bi jeli takvo meso, te 20% nije znalo ima li kakvog rizika za zdravlje ljudi, a 23 % je ocijenilo da bi rizik bio srednji. Osim toga, najveći broj ispitanika (35%) je smatralo da hrana za životinje koja sadrži kukce nema utjecaja na okoliš (Petrić i sur., 2015; Petrić i sur., 2017). Istraživanje provedeno na sveučilištu u Parmi, gdje je ispitivanju pristupilo 135 studenata, pokazalo je kako osobni stavovi koji počivaju na okolišnim i zdravstvenim benefitima u odnosu na konzumaciju hrane proizvedenu porijeklom od kukaca najviše doprinose razini prihvatljivosti (Pyne i sur., 2016). Ovaj zaključak upućuje na važnost činjenično utemeljene edukacije i informiranja šire javnosti. Slično tome, u prvo Brazilsko ispitivanje potrošača o prihvatljivosti mesa pilića, svinja, stoke i ribe proizvedenog korištenjem hrane na bazi kukaca, pokazalo je kako je polovica potrošača sklona ovoj ideji (de Faria Domingues i sur., 2020).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog rada bio je utvrditi kako djelomična zamjena proteinske komponente utječe na tehnološke i kemijske parametre kvalitete pilećeg mesa, na sastav masnih kiselina, nutritivnu kvalitetu masti i na senzorske pokazatelje kuhanog i pečenog pilećeg mesa.

U okviru zadatka bilo je potrebno ispitati:

1. utjecaj hranidbe pilića djelomičnom zamjenom proteina soje pri različitim udjelima odmašćenog brašna crne vojničke muhe (*Hermetia Illucens*) (P1 = zamjena proteina 15 %, P2 = zamjena proteina 25 % i P3 = zamjena proteina 40 %) u odnosu na konvencionalnu hranidbu pilića (K)
2. proizvodne pokazatelje u tovu pilića (prosječne tjelesne mase pilića, konverziju hrane, prirast pilića, proizvodni broj)
3. udio pojedinih kategorija trupova (prsno mišića, batkova sa zabatkima, krila, leđa, abdominalnog masnog tkiva) i tkiva (mišićnog, koštanog, masnog) u trupovima pilića
4. tehnološka svojstva (pH, otpuštanje vode, boju, tvrdoću, sposobnost vezanja vode) u tkivu pilića neposredno nakon klanja i 24 sata nakon klanja
5. kemijska svojstva prsnog mišića i bataka sa zabatkom (udio vode, proteina, masti, kolagena i sastav masnih kiselina)
6. senzorska svojstva prsnog mišića i bataka sa zabatkom kod sirovog, kuhanog i pečenog mesa te prikladnost kuhanog i pečenog mesa za ljudsku konzumaciju
7. utvrditi optimalni i maksimalni udio brašna crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) koji se može koristiti u hranidbi pilića, a da se pri tom ne utječe na proizvodne, tehnološke i kvalitetne pokazatelje mesa pilića
8. statistički obraditi i analizirati dobivene podatke.

3.2. MATERIJAL

3.2.1. Pilići

Za potrebe pokusa korišteni su pilići Ross 308. Linijski hibrid Ross 308 proizvod je tvrtke Aviagen, koja je globalno zastupljena u uzgoju peradi, a jedan je od hibrida tovnih pilića koji se najviše koriste u Republici Hrvatskoj. Hibrid Ross 308 robusne je građe sa odličnim prinosom mišićnog tkiva, uz nisku konverziju i odlično iskorištenje hrane (Ross308 Performance Objective, 2014; 2019). Za potrebe ovog istraživanja u tov je uključeno ukupno 180 jednodnevnih pilića. Pilići su izvagani i smješteni u nastambe prilagođene potrebama pokusa (**Slika 5** i **Slika 6**). Za svaku pokusnu skupinu odvojeno je po 45 pilića koji su potom raspoređeni u tri podskupine od po 15 pilića.



Slika 5 Doprema jednodnevnih pilića (foto: Gross – Bošković, A., 2018.)



Slika 6 Pilići smješteni u odjeljke nakon prvog vaganja (foto: Gross – Bošković, A., 2018.)

3.2.2. Krmne smjese

U svrhu hranidbe sastavljene su smjese koje su po pitanju svih parametara zadovoljile hranidbene potrebe pilića u tovu, uz pretpostavku da se hranidba neće negativno odraziti na kvalitetu mesa peradi. U svim ciklusima proizvodnje praćeni su prirasti, potrošnja hrane i zdravstveno stanje pilića u tovu.

Svaka smjesa korištena u tovu pilića uravnotežena je prema potrebama pilića u određenoj fazi tova. Sastavi smjesa prikazani su u **Tablicama 24 – 26.** uz prikaz kemijskog sastava pojedine vrste hrane (starter, grover i finišer) za kontrolnu skupinu (K) te pokusne skupine (P1, P2 i P3). Pri tome je udio proteina soje zamjenjen određenim udjelima proteina odmašenog brašna ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) na sljedeći način: kod pokusne skupine 1 (P1) u hrani zamijenjeno je 15 % proteina soje, kod pokusne skupine 2 (P2) zamijenjeno je 25 % proteina soje i kod pokusne skupine 3 (P3) zamijenjeno 40 % proteina soje.

Tablica 24 Sastav „Starter“ krmnih smjesa korištenih u tovu pilića (%)

KOMPONENTA	K	P1	P2	P3
Kukuruz	54,76	58,86	61,85	60,17
Pšenično krmno brašno	-	-	-	5,5
Sojina sačma (44,5 %)	38	30	24,5	15,4
Treonin	0,15	0,18	0,18	0,21
Sol	0,21	0,21	0,21	0,21
Stočna kreda	1,6	1,6	1,6	1,6
MCP	1,3	1,3	1,3	1,1
Ulje soje	2,6	1,1		
Metionin tekući	0,28	0,28	0,28	0,3
Lizin sulfat	0,45	0,58	0,7	0,9
Soda bikarbona	0,15	0,15	0,15	0,15
ptp-monezin	0,5	0,5	0,5	0,5
Brašno CVM (63,02%)	-	5,24	8,73	13,96
UKUPNO (%)	100	100	100	100
Kemijski sastav				
Protein	21,99	22,02	21,99	22
Mast	5,01	4,1	3,4	3,95
Vlakna	2,88	3,16	3,34	4,13
Vlaga	11,71	11,79	11,85	11,89
ME MJ/kg	12,56	12,58	12,59	12,64
Ca	0,97	0,98	0,98	0,95
P	0,67	0,69	0,7	0,7
P iskoristivi	0,42	0,41	0,4	0,34
Na	0,16	0,16	0,16	0,15
Lizin	1,44	1,42	1,42	1,43
Metionin	0,56	0,56	0,56	0,57
Treonin	0,95	0,96	0,94	0,93
Perad MJ/SP	0,57	0,57	0,57	0,57
Pepeo	6,72	6,83	6,9	7,14

K – početna smjesa za kontrolnu skupinu; P1 - početna smjesa za pokusnu skupinu 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 15 %); P2 - početna smjesa za pokusnu skupinu 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %) P3 - početna smjesa za pokusnu skupinu 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); CVM – crna vojnička muha; MCP – monokalcij fosfat; ptp – monezin – kokcidiostatik

Tablica 25 Sastav „Grover“ krmnih smjesa korištenih u tovu pilića (%)

KOMPONENTA	K	P1	P2	P3
Kukuruz	56,89	46,7	49,36	52,61
Pšenica stočna	-	10	10	10
Pšenično krmno brašno	-	4	4,5	5
Sojina sačma (44,5 %)	36	27	21,5	13,8
Treonin	0,12	0,12	0,12	0,12
Sol	0,21	0,21	0,21	0,21
Stočna kreda	1,3	1,3	1,3	1,3
MCP	1,3	1,3	1,2	1,3
Ulje soje	3	3	2	0,7
Metionin tekući	0,23	0,23	0,23	0,23
Lizin sulfat	0,3	0,47	0,57	0,7
Soda bikarbona	0,15	0,15	0,15	0,15
ptp-monezin	0,5	0,5	0,5	0,5
Brašno CVM (63,02%)	-	5,02	8,36	13,38
UKUPNO (%)	100	100	100	100
Kemijski sastav				
Protein	21,07	21,18	21,09	21,12
Mast	5,45	5,78	5,16	4,42
Vlakna	2,84	3,47	3,69	4
Vlaga	11,69	11,59	11,67	11,73
ME MJ/kg	12,77	12,77	12,77	12,79
Ca	0,85	0,85	0,84	0,87
P	0,67	0,7	0,69	0,73
P iskoristivi	0,42	0,41	0,37	0,38
Na	0,16	0,16	0,16	0,15
Lizin	1,3	1,3	1,29	1,28
Metionin	0,51	0,5	0,5	0,5
Treonin	0,89	0,86	0,84	0,82
Perad MJ/SP	0,61	0,6	0,61	0,61
Pepeo	6,28	6,65	6,62	6,85

K – porasna smjesa za kontrolnu skupinu; P1 - porasna smjesa za pokusnu skupinu 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 15 %); P2 - porasna smjesa za pokusnu skupinu 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %) P3 - porasna smjesa za pokusnu skupinu 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); CVM – crna vojnička muha; MCP – monokalcij fosfat; ptp – monezin - kokcidiostatik

Tablica 26 Sastav „Finišer“ krmnih smjesa korištenih u tovu pilića (%)

KOMPONENTA	K	P1	P2	P3
Kukuruz	61,03	64,47	66,87	61,36
Pšenica stočna	-	-	-	10
Sojina sačma, 44,5 %	31	24,3	19,8	12
Treonin	0,12	0,12	0,12	0,12
Sol	0,21	0,21	0,21	0,21
Stočna kreda	1,3	1,3	1,3	1,3
Captex	0,1	0,1	0,1	0,1
MCP	1,1	1,1	1,1	1,1
Ulje soje	4	2,7	1,8	0,5
Metionin tekući	0,21	0,23	0,21	0,22
Lizin sulfat	0,28	0,4	0,47	0,65
Soda bikarbona	0,15	0,15	0,15	0,15
Pt - Z	0,5	0,5	0,5	0,5
Brašno CVM, 63,02%	-	4,42	7,37	11,79
UKUPNO (%)	100	100	100	100
Kemijski sastav				
Protein	19,04	19,09	19,09	19,12
Mast	6,5	5,69	5,12	4,13
Vlakna	2,7	2,93	3,09	3,31
Vlaga	11,61	11,7	11,73	11,72
ME MJ/kg	13,22	13,24	13,25	13,19
Ca	0,80	0,81	0,81	0,82
P	0,60	0,62	0,63	0,64
P iskoristivi	0,37	0,35	0,34	0,33
Na	0,16	0,16	0,16	0,16
Lizin	1,16	1,15	1,14	1,16
Metionin	0,47	0,48	0,46	0,47
Treonin	0,82	0,8	0,79	0,76
Perad MJ/SP	0,695	0,69	0,69	0,69
Pepeo	6	6,05	6,1	6,23

K – završna smjesa za kontrolnu skupinu; P1 - završna smjesa za pokusnu skupinu 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 15 %); P2 - završna smjesa za pokusnu skupinu 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %) P3 - završna smjesa za pokusnu skupinu 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); CVM – crna vojnička muha; Captex – komercijalni naziv enzimatskog sredstva za razgradnju mikotoksina u krmnoj smjesi; MCP – monokalcij fosfat; Pt-Z – vitaminsko mineralni premiks, bez kokcidiostatika

Koristeći recepture prikazane u Tablicama 23 – 25, te dehidrirano i odmašćeno brašno ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*), čiji je sastav prikazan u Tablicama 27 – 29, pripravljene su smjese za tov. Proizvođač brašna je Hermetia Baruth GmbH, LUGV, Frankfurt, Njemačka (Prilog 1).

Tablica 27 Kemijski sastav i sastav masnih kiselina dehidriranog odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*)

Kemijski sastav (%)			
Suha tvar	89,90	Sirovi proteini	63,02
		Masti	10,72
		Vlakna	10,46
		Pepeo	7,23
Masne kiseline (μmol/g)			
Ukupne		299,4	
Octena kiselina		263,9	
Propionska kiselina		32,0	
i – butirična kiselina		3,4	

Tablica 28 Sastav aminokiselina dehidriranog odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*)

Aminokiseline (g/100g)	
Glutaminska kiselina	4,16
Asparaginska kiselina	3,91
Alanin	3,77
Tirozin	3,70
Leucin	3,32
Valin	2,92
Glicin	2,54
Lizin	2,42
Arginin	2,17
Izoleucin	2,15
Serin	2,11
Treonin	1,91
Fenilalanin	1,85
Histidin	1,48

Metionin	0,78
Cistin	0,63
Taurin	0,15
Ornitiin	0,06

Tablica 29 Sastav minerala i mikronutrijenata dehidriranog odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*)

Minerali (g/100 g)	
Kalij	1,58
Fosfor	1,03
Kalcij	0,64
Magnezij	0,40
Natrij	0,08
Mikroelementi (mg/100 g)	
Ukupni	35,34
Željezo	24,77
Mangan	18,10
Cink	16,69
Bakar	1,19

Sve komponente potrebne za smjesu kupljene su tvornici stočne hrane Vitalka, Ulica Martina Divalta 193, Osijek, nakon čega su vagane na elektronskoj vagi REF- METER-OCTA, REFCO Manufacturing (US) Inc., Springfield, Massachusetts (SAD), s točnošću od 0,1 g (**Slika 7**, **Slika 8**). Komponente smjese postepeno su dodavane i zamješane u pužnoj mješalici za stočnu hranu kapaciteta 1000 kg/h proizvođača AGREX S.p.A, Italija (**Slika 9**).



Slika 7 Vaganje komponenti hrane manjih udjela (foto: Gross – Bošković, A., 2021.)



Slika 8 Vaganje komponenti hrane viših udjela (foto: Gross – Bošković, A., 2021.)



Slika 9 Zamješavanje hrane u pužnoj mješalici (foto: Gross – Bošković, A., 2021.)

3.2.3. Laboratorijski pribor i oprema

U izradi ovog doktorata korišten je laboratorijski pribor i oprema u skladu sa zahtjevima metoda ispitivanja i utvrđivanja proizvodnih pokazatelja, pokazatelja tehnoloških svojstava, kemijskog sastava te ispitivanja senzorskih svojstava pilećeg mesa.

3.2.4. Reagensi, standardi i otopine za provedbu kemijskih analiza

U izradi ovog doktorata korišteni su reagensi, standardi i otopine u skladu sa zahtjevima metoda ispitivanja i utvrđivanja proizvodnih pokazatelja, pokazatelja tehnoloških svojstava, kemijskog sastava te ispitivanja senzorskih svojstava mesa pilića. U **Tablici 30** prikazan je popis metoda korištenih u svrhu provedbe istraživanja te pripadajući broj uzoraka.

3.3. METODE

Tablica 30 Popis metoda i broj uzoraka korištenih u svrhu provedbe istraživanja

Područje	Metoda	Broj uzoraka (n)
Proizvodni pokazatelji tova	Određivanje prosječne mase pilića	180 pilića
	Konsumacija hrane	180 pilića
	Konverzija hrane	180 pilića
	Proizvodni broj	173 pilića
	Randman klanja	104 pilića
	Udio osnovnih dijelova i tkiva u trupu	104 P + B/Z
Tehnološka svojstva mesa pilića	Određivanje pH ₁ i pH ₂ vrijednosti	104 P + Z
	Otpuštanje mesnog soka	48 P
	Sposobnost vezivanja vode	48 P
	Kalo kuhanja	48 P
	Boja pilećeg mesa	80 P + Z
	Otpornost mišića na presijecanje	48 P
Kemijska svojstva mesa pilića	Određivanje udjela vode	40 P + 40 B/Z
	Određivanje udjela pepela	40 P + 40 B/Z
	Određivanje udjela ukupnih masti	40 P + 40 B/Z
	Određivanje udjela ukupnih proteina	40 P + 40 B/Z
	Određivanje udjela kolagena	40 P + 40 B/Z
	Određivanje sastava masnih kiselina	40 P + 40 B/Z
Senzorska svojstva mesa pilića	Test u trokutu	40 P + 40 B/Z
	Test upoređenja u paru	40 P + 40 B/Z
	Senzorska procjena sustavom bodovanja	40 P + 40 B/Z

P – meso prsa; B/Z – batak i zabatak; Z – zabatak

3.3.1. Ispitivanje proizvodnih pokazatelja

3.3.1.1. Tov i kontrola prirasta

Tov je proveden na obiteljskom gospodarstvu u kontroliranim uvjetima. Tijekom istraživanog razdoblja svakog tjedna obavljeno je vaganje pilića prema pokusnim skupinama i ponavljanjima. Tjelesne mase kontrolirane su 1., 7., 14., 21., 28., 35. i 42. dana. Vaganje je obavljeno pomoću elektronske vage Mettler Toledo PB1502-S (Mettler, Zürich, Švicarska) radi utvrđivanja tjednog prirasta tjelesnih masa. Nakon 28. dana u svakoj pokusnoj skupini pilići su obilježeni nožnim prstenjem. Na kraju tova (42. dan) pilići su zaklani i ispitana je kvaliteta trupova i mesa. Na Slici 10 prikazani su pilići tijekom uzgoja 7., 14., 21., 28., 35. i 42. dan.



Slika 10 Pilići tijekom uzgoja starosti od a) 7 dana b) 14 dana c) 21 dan d) 28 dana e) 35 dana f) 42 dana (foto: Gross – Bošković, A., 2021.)

3.3.1.2. Konzumacija i konverzija hrane

Svakog tjedna pratila se konzumacija (g/danu) i konverzija hrane u živu tjelesnu masu (g hrane/g prirasta), prema pokusnim skupinama, vaganjem pilića pomoću elektronske vage Mettler Toledo PB1502-S (Mettler, Zürich, Švicarska).

Konzumacija hrane prema tjednima tova izračunata je pomoću formule (1):

$$KH = \frac{H}{V} \quad (1)$$

gdje je:

KH – konzumacija hrane, izražena u gramima na dan (g/dan)

H – potrošena hrana u kontroliranom razdoblju (g)

V – vremensko razdoblje (dan)

Konverzija hrane (KN) u prirast tjelesne mase izračunata je na način prikazan formulom (2):

$$KN = \frac{Kh}{(Tk - Tp)} \quad (2)$$

gdje je:

KN – konverzija hrane, izražena u gramima po gramu (g/g);

Kh – konzumirana hrana u kontroliranom razdoblju (g);

Tk – tjelesna masa na kraju kontroliranog vremenskog razdoblja (g)

Tp – tjelesna masa na početku kontroliranog vremenskog razdoblja (g)

3.3.1.3. Proizvodni broj

Na kraju istraživanja, u dobi pilića od 42 dana, na osnovu podataka o prosječnim živim masama na kraju tova, konverziji hrane i postotku preživljavanja (postotak utovljenih pilića u odnosu na početni broj pilića na početku tova), za svaku pokusnu skupinu izračunat je proizvodni broj pomoću sljedeće formule (3):

$$PB = \frac{Up \times Lw}{Df \times KN} \times 100 \quad (3)$$

gdje je:

PB – proizvodni broj

Up - % preživljavanja

Lw - prosječna živa masa (g)

Df - trajanje tova (dani)

KN - konverzija hrane (g/g)

3.3.1.4. Istraživanje kvalitete trupova

Po završetku tova obavljeno je klanje pilića. Na osnovu tjelesnih masa zaklanih pilića i živih masa na kraju tova koje su vagane pomoću elektronske vage Mettler Toledo PB1502-S (Mettler, Zürich, Švicarska) izračunat je randman klanja, pomoću sljedeće formule (4):

$$RK = \frac{m(zp)}{m(\acute{z}p)} \times 100 \quad (4)$$

gdje je:

RK – randman klanja, izražen u postocima

m (zp) – masa zaklanih pilića (g)

m (žp) – masa živih pilića (g)

3.3.1.5. Udio osnovnih dijelova i tkiva u trupu

Trupovi su konfencionirani na osnovne dijelove: batak sa zabatakom, krila, prsa i leđa sa zdjelicom. Odvajanje dijelova trupa opisano je u Pravilniku o tržišnim standardima za meso peradi (MP, 2011), te je provedeno sljedećim postupcima:

- batak sa zabatakom odvojen je rezom koji počinje ispred kranijalnog ruba zabatka i pruža se kaudalno u pravcu zdjeličnog zgloba u kojem je, presijecanjem zglobne veze (u acetabulumu) odvojen od zdjelice, a dalje kružnim rezom, koji ide kaudalno iza stidne kosti (preko dorzalnog pravca), spojen s početkom reza te potpuno odvojen od trupa;
- krila su odvojena od trupa tzv. „ramenim“ rezom koji se pruža u predjelu zglobnih površina ramene i gavrane kosti, a sastoje se od „malog batka“ (nadraktica), srednjeg dijela (podraktica) i završnog dijela (vrh krila);
- prsa su odvojena primjenom tzv. „rebarnog“ reza koji počinje iznad dorzalnog ruba vrha hrskavičnog dijela prsne kosti (*cartilago xiphoides*) i pruža se u predjelu crte spajanja kraljeških (vertebralnih) i prsnih (sternalnih) rebara u pravcu ramenog zgloba (*scapulo-humeralni*) i završava u predjelu toga zgloba odvajanjem od leđnog dijela trupa;
- leđa sa zdjelicom dobivena su odvajanjem bataka sa zabatakom, krila i prsa od trupa;
- odvojena je i izvagana abdominalna mast;
- svi dijelovi izvagani su pomoću elektronske vage Mettler Toledo PB1502-S (Mettler, Švicarska).

Udjeli osnovnih dijelova u trupu izračunati su prema sljedećoj formuli (5):

$$UDTT = \frac{m(dt)}{m(t)} \times 100 \quad (5)$$

gdje je:

UDTT – udio dijela trupa u trupu, izražen u postocima

m (dt) – masa dijela trupa (g)

m (t) – masa trupa (g)

Nakon rasijecanja trupova na osnovne dijelove, prsa i bataci sa zabatacima rasčlanjeni su na osnovna tkiva:

- mišićno tkivo,
- kožu s potkožnim masnim tkivom i
- kosti.

Prinosi tkiva prsa i bataka sa zabatacima prikazani su kao apsolutni i relativni udjeli u trupu, odnosno u prsima i batku sa zabatakom, prema formulama (6) za udio tkiva u dijelu trupa i (7) za udio tkiva dijela trupa u trupu:

$$UTDT = \frac{m(tk)}{m(dt)} \times 100 \quad (6)$$

gdje je:

UTDT – udio tkiva u dijelu trupa, izražen u postocima

m (tk) - masa tkiva (g)

m (dt) - masa dijela trupa (g)

$$UTDTT = \frac{m(tdt)}{m(t)} \times 100 \quad (7)$$

gdje je:

UTDTT – udio tkiva dijela trupa u trupu, izražen u postocima

m (tdt) – masa tkiva dijela trupa (g)

m (t) – masa trupa (g)

3.3.2. Pokazatelji tehnoloških svojstava mišićnog tkiva

Istraživanje tehnoloških svojstava kvalitete prsnog mesa pilića obuhvatilo je određivanje pH₁ i pH₂ vrijednosti, otpuštanje mesnog soka (*drip loss*), sposobnost vezivanja vode (Sp.v.v.), kalo kuhanja (*cooking loss*) i boju.

3.3.2.1. Određivanje pH₁ i pH₂ vrijednosti

Na svim uzorcima mišića prsa (*M. pectoralis superficialis*) izmjerena je pH vrijednost i temperatura mesa unutar 45 min nakon klanja (pH₁ i T₁) te 24 h nakon klanja i hlađenja mesa na +4°C (pH₂ i T₂). Vrijednosti pH i temperature izmjerene su pomoću digitalnog pH-metra (Mettler MP120-B, Zürich, Švicarska) ubodom sonde pH-metra u lijevu polovinu prsnog mišića. Na isti način izmjeren je i pH zabataka.

3.3.2.2. Određivanje otpuštanja mesnog soka

Otpuštanje mesnog soka (*drip loss*) utvrđeno je metodom vrećice prema Honikelu (1998.) (Slika 11). Osim navedene metode, u svrhu usporebe, utvrđeno je i otpuštanje mesnog soka iz prsnog mišićnog tkiva i prema metodi EZ *drip loss* (Danish Meat Research Institute (DMRI), 2010.). Uzorci su uzeti s najdebljeg dijela prsnog mišića (uzorak: 3 cm visine i 2 cm promjera). U svrhu određivanja otpuštanja mesnog soka metodom vrećice po Honikelu, odvagani uzorci odloženi su u PVC vrećicu te pohranjeni u hladnjak na +4 °C. Nakon 24 sata uzorci su ponovo izvagani, a vrijednost otpuštanja mesnog soka utvrđena je prema sljedećoj formuli (8a):

$$OMS = \frac{PV-PZ}{PV} \times 100 \quad (8a)$$

gdje je:

OMS – otpuštanje mesnog soka, izraženo u postocima

PV - početna vrijednost mase tkiva (g)

PZ - završna vrijednost mase tkiva (g)



Slika 11 Određivanje otpuštanja mesnog soka

(Foto: Gross – Bošković, A., 2021.)

Prilikom određivanja otpuštanja mesnog soka prema metodi *EZ drip loss*, svaki pojedinačno odvagani uzorak stavljen je u poseban plastični spremnik za meso (kontejner), pohranjen u hladnjak na temperaturu od +4 °C, te izvagano nakon 24 i 48 sati. Nakon vaganja kontejnera s uzorkom mesa i mesnim sokom, pincetom je izvađen uzorak mesa, te se izvagao samo kontejner s mesnim sokom. Otpuštanje mesnog soka (%) izračunato je nakon 24 i 48 sati prema formuli (8b):

$$EZ\ DrippLoss = \frac{(Wl - Wc)}{(Wt - Wc)} \times 100 \quad (8b)$$

gdje je:

EZ DrippLoss – otpuštanje mesnog soka, izraženo u postotcima

Wl – težina kontejnera s mesnim sokom (g)

Wc – težina praznog kontejnera (g)

Wt – težina kontejnera s mesom i mesnim sokom (g)

3.3.2.3. Utvrđivanje sposobnosti vezivanja vode

Utvrđivanje sposobnosti vezivanja vode (Sp.v.v.) metodom kompresije prema Graü-Hammu (1952.) provedeno je na način da je izrezano 0,3±0,01 g mišićnog tkiva i komprimirano na filter papiru pomoću kompresijskih stakala za trihineloskopiju tijekom 5 minuta. Vrijednost za

Sp.v.v. (izražena u cm²) dobivena je utvrđivanjem površine ovlažene istisnutim sokom pomoću digitalnog planimetra 350 E HAFF (HAFF GmbH Feinmechanik, Pironten, Njemačka).

3.3.2.4. Određivanje kala kuhanja

Kalo kuhanja (*cooking loss*) određeno je na uzorcima prsnog mišićnog tkiva tijekom obrade mesa za utvrđivanje instrumentalne vrijednosti mesa, pri čemu je u kalo kuhanja uračunato i kalo odmrzavanja, te izračunato prema formuli (9):

$$KK = \frac{m(1)-m(2)}{m(1)} \times 100 \quad (9)$$

gdje je:

KK – kalo kuhanja, izraženo u postocima

m(1) – masa uzorka prije kuhanja (g)

m(2) – masa uzorka nakon kuhanja (g)

3.3.2.5. Utvrđivanje boje mesa

Boja mesa bez kože određena je 24 h nakon klanja i hlađenja, pomoću prijenosnog kolorimetra Minolta CR-300 (Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japan), a vrijednosti su utvrđene prema CIELAB sustavu: L* (stupanj svjetline), a* (stupanj crvenila) i b* (stupanj žutoće). Kalibracija uređaja obavljena je neposredno prije mjerenja uporabom standardne bijele pločice (No 16733047) na standardne vrijednosti kalibracije (Y = 93,0, x = 0,3159, y = 0,3324). Kolorimetar je programiran da izračuna prosjek tri odvojena očitavanja boja i kalibriran je nakon svakih 50 mjerenja. Boja mesa utvrđena je na mišićnom tkivu prsa, na ohlađenom prerezanom komadu mesa nakon 15 min potrebnih za njezinu stabilizaciju. Boja je očitana za tri gore navedene vrijednosti (L*, a* i b*).

3.3.2.6. Utvrđivanje otpornosti mišića na presjecanje

Na 40 uzoraka (10 uzoraka po pokusnoj skupini) utvrđena je otpornost mišića na presijecanje, odnosno tekstura pomoću Warner-Bratzler noža spojenim na uređaj TA.XTplus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, Velika Britanija). Otpornost na presijecanje izmjerena je na lijevoj polovici odmrznutog prsnog mišića, i to nakon zamrzavanja i čuvanja mesa prsa na - 20°C, 21 dan (Liu i sur., 2004.). Maksimalna snaga potrebna za presijecanje uzorka prsnog

mišića WBSF (N), izražena je pomoću Texture Exponent 4,0 programa tvrtke Stable Microsystems (Stable Micro Systems, Surrey, Velika Britanija).

3.3.3. Određivanje kemijskih svojstava mesa pilića

Primjenom validiranih standardnih i internih analitičkih metoda određena su kemijska svojstva pilećeg mesa koja su obuhvatila određivanje udjela vode, pepela, ukupnih masti, ukupnih proteina, kolagena i masnih kiselina.

Sve uporabljene kemikalije korištene u određivanju bile su analitičke čistoće.

Svi uzorci su homogenizirani primjenom uređaja za homogenizaciju (Grindomix GM 200, Retch, Haan, Njemačka) tijekom 15 sekundi pri 6000 rpm te su pohranjeni u plastične posudice, napunjene do vrha, kako bi se zbog manjeg kontakta sa zrakom usporili procesi kvarenja.

3.3.3.1. Određivanje vode

Udio vode određen je gravimetrijski prema ISO metodi (ISO 1442:1997) uz uporabu termostata (Epsa 2000, Ba-Ri, Velika Gorica, Hrvatska) i sušenje pri 103 °C.

U porculanski lončić kvantitativno je prenesen pijesak u količini 3 do 4 puta većoj od testnog uzorka te su porculanski lončić, pijesak i stakleni štapić sušeni u termostatu 30 minuta na 103 °C. Nakon hlađenja na sobnu temperaturu u desikatoru, lončić s pijeskom i staklenim štapićem je izvagan. U takav pripremljeni i izvagani lončić izvagano je 5 g homogeniziranog uzorka i pomoću staklenog štapića dobro su izmješani uzorak i pijesak. Tako pripremljeni uzorak sušen je u termostatu 2 sata na 103 °C. Potom je uzorak ohlađen na sobnu temperaturu u desikatoru te ponovno vagan. Proces sušenja (1 sat na 103 °C), hlađenja i vaganja su se ponavljali sve dok se rezultati dvaju uzastopnih vaganja nisu razlikovali za manje od 0,1%. Na temelju razlika masa, prema formuli (10), određen je udio vode u pilećem mesu.

$$w \text{ (voda)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (10)$$

gdje je:

w – maseni udio vode u testnom uzorku, izražen u postocima

m_0 – masa lončića s pijeskom i staklenim štapićem (g)

m_1 – masa lončića, testnog uzorka, pijeska i staklenog štapića prije sušenja (g)

m_2 – masa lončića, testnog uzorka, pijeska i staklenog štapića poslije sušenja (g)

Nakon određivanja udjela vode, uzorci su pohranjeni do $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ prije određivanja ostalih kemijskih svojstava.



Slika 12 Termosta za određivanje udjela vode

3.3.3.2. Određivanje pepela

Postupak određivanja pepela u pilećem mesu proveden je prema ISO metodi (ISO 936:1998) spaljivanjem u mufolnoj peći pri $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ (LV9/11/P320, Nabertherm, Lilienthal, Njemačka).

Porculanski lončić prethodno je zagrijan u mufolnoj peći tijekom 20 minuta na $550\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lončić je ohlađen u desikatoru na sobnu temperaturu i izvagan. U tako pripremljeni lončić odvagano je $1,5 - 2\text{ g}$ uzorka. Lončić s uzorkom stavljen je u hladnu mufolnu peć te je tijekom 45 minuta temperatura podizana na $550 \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ukupno spaljivanje uzoraka trajalo je 6 sati, a postupak se provodio sve dok pepeo nije poprimio sivkasto bijelu boju. Nakon spaljivanja lončić s uzorkom stavljen je u sušionik pola sata na $103 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zatim je hlađen u desikatoru na sobnu temperaturu i izvagan. Na temelju razlika masa, prema formuli (11), određen je sadržaj pepela u uzorcima pilećeg mesa.

$$w (\text{pepeo}) = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100 \quad (11)$$

gdje je:

w - maseni udio pepela u testnom uzorku, izražen u postocima

m_0 – masa praznog lončića (g)

m_1 – masa lončića s testnim uzorkom (g)

m_2 – masa lončića s pepelom (g)



Slika 13 Mufolna peć za određivanje pepela

3.3.3.3. Određivanje udjela ukupnih masti

Ukupne masti određene su metodom po Soxhlet-u (HRN ISO 1443:1999), uz ekstrakciju masti eterom na uređaju za ekstrakciju (Soxtherm 2000, Gerhardt, Königswinter, Njemačka).

U Erlenmayerovu tikvicu odvagano je 3 g homogeniziranog uzorka i dodano 50 mL 37% kloridne kiseline. Tikvica je poklopljena satnim stakalcem, zagrijavana na električnom kuhalu do vrenja, uz povremeno protresanje tijekom sljedećih sat vremena. Zatim je dodano 150 mL vruće vode. Navlaženi nabrani filter papir stavljen je u stakleni lijevak te je sadržaj tikvice profiltriran. Filter papir ispiran je vrućom vodom sve do promjene boje plavog lakmus papira. Takav filter papir stavljen je na satno stakalce ili u Petrijevu zdjelicu i sušen sat vremena u sušioniku na 103 ± 2 °C te ohlađen na sobnu temperaturu.

Postupak ekstrakcije masti proveden je na način da se u osušeni, ohlađeni (na sobnu temperaturu u desikatoru) i izvagani tuljac za ekstrakciju umetnuo zamotani filter papir. Svi tragovi masnoće sa satnog stakalca ili Petrijeve zdjelice obrisani su vatom namočenom u petrol eter (sredstvo za ekstrakciju), koja je također umetnuta u tuljac za ekstrakciju. Tuljac za ekstrakciju stavljen je u ekstraktor u koji je dodano 140 mL dietil etera. S 10 mL petrol etera isprana je Erlenmayerova tikvica koja je korištena za razaranje uzorka. Ekstrakcija masti provedena je na uređaju Soxtherm 2000 pri temperaturi od 150 °C i trajanju ekstrakcije 1 sat i 11 minuta. Nakon završene ekstrakcije ekstraktor je sušen 1 sat u sušioniku na 103 ± 2 °C. Nakon hlađenja u desikatoru na sobnu temperaturu tuljac je izvagan. Postotak ukupnih masti izračunat je prema formuli (12).

$$w (\text{ukupne masti}) = \frac{m(2)-m(1)}{m} \times 100 \quad (12)$$

gdje je:

w – maseni udio ukupne masti u testnom uzorku, izražen u postocima

m – masa testnog uzorka (g)

$m(1)$ – masa praznog ekstraktora (g)

$m(2)$ – masa ekstraktora s ekstrahiranom mašću (g)



Slika 14 Uređaj za ekstrakciju masti metodom po Soxhlet-u

3.3.3.4. Određivanje udjela ukupnih proteina

Udio ukupnih proteina određen je metodom po Kjeldahlu (HRN ISO 937:1999) uz uporabu bloka za razaranje (Unit 8 Basic, Foss, Höganäs, Švedska) i uređaja za destilaciju i titraciju (Kjeltec 8400, Foss, Höganäs, Švedska).

U digestivnu tubu odvagano je 1,5 g testnog uzorka te je dodano 5 mL koncentrirane sulfatne kiseline i 2 tablete katalizatora. Sadržaj tube oprezno je promiješan uz stvaranje vrtloga tekućine. Digestivna tuba umetnuta je u stalak koji je zatim umetnut u blok za razaranje i blok zagrijan na 420 °C. Na digestivnu tubu postavljen je nastavak za skupljanje kondenzata koji je spojen s uređajem za neutralizaciju para. Potpuna razgradnja trajala je 1 sat, a nakon završetka razgradnje uzorak je ohlađen na ~ 40 °C.

Postupak destilacije i titracije proveden je tako da je digestivna tuba s razorenim uzorkom postavljena u uređaj za destilaciju i titraciju Kjeltec 8400. Destilacija je provedena uz dodatak 60 mL 40 % otopine natrijevog hidroksida i 80 mL vode u digestivnu tubu te 30 mL 1 % otopine borne kiseline u titrator. Destilacija i titracija trajale su 4 min uz maksimalni pritisak vodene pare (100 %). Nakon završetka programa uređaj je odsisao suvišak tekućine iz digestivne tube. Slijepa proba postavljena je prema gore opisanom postupku, samo bez uzorka.

Na temelju podatka o masi uzorka, koji je upisan u program uređaja prije početka analize, uređaj je automatski izračunavao udio ukupnih proteina, temeljeno na formuli (13).

$$w(\text{ukupne bjelančevine}) = \frac{1,4007(V_s - V_b) \times C_s}{m} \times F \quad (13)$$

gdje je:

w – maseni udio ukupnih proteina u testnom uzorku, izražen u postocima

V_s - volumen klorovodične kiseline korištene za određivanje (mL)

V_b - volumen klorovodične kiseline korišten za slijepu probu (mL)

C_s - koncentracija klorovodične kiseline (mol /L)

m - masa testnog dijela uzorka (g)

F – faktor pretvorbe 6,25



Slika 15 Blok za razaranje (Unit 8 Basic, Foss)



Slika 16 Uređaja za destilaciju i titraciju (Kjeltec 8400, Foss)

3.3.3.5. Određivanje kolagena

Postupak određivanja kolagena proveden je prema HRN ISO 3496:1999, koja opisuje spektrofotometrijsko određivanje hidroksiprolina (DR/4000U, Hach, Düsseldorf, Njemačka).

Uzorci pilećeg mesa izrezani su na male kockice, duljine stranice približno 8 mm. Tako narezani uzorci zagrijavani su 30 min pri 70 °C, te ohlađeni.

U Erlenmayerovu tikvicu odvagano je 4 g testnog uzorka. Slijedila je hidroliza uzorka dodatkom 30 ± 1 mL koncentrirane sulfatne kiseline. Tikvica pokrivena satnim stakalcem stavljena je u termostat preko noći na 105 °C. Vrući hidrolizat filtriran je kroz filter papir u tikvicu od 250 mL. Tikvica i filter papir ispirani su tri puta s po 10 mL vruće otopine sulfatne kiseline ($c(\text{H}_2\text{SO}_4 \approx 3 \text{ mol/L})$) i dodani hidrolizatu, u tikvicu od 250 mL koja je nadopunjena vodom do oznake.

Razvijanje boje i mjerenje apsorbancije provedeno je na način da je pipetirano 10 mL hidrolizata u tikvicu od 250 mL i dopunjeno vodom do oznake. Nakon razrjeđivanja na 250 mL koncentracija hidroksiprolina trebala bi biti u rasponu od 0,5-2 $\mu\text{g/mL}$. Zatim je pipetirano 4 mL ove otopine u epruvetu i dodano 2 mL kloramin-T reagensa. Sadržaj u epruveti dobro je promiješan te je slijedila inkubacija na sobnoj temperaturi 20 ± 1 min. Zatim je dodano 2 mL reagensa za razvijanje boje, sadržaj epruvete dobro je promiješan i epruveta začepljena aluminijskom folijom. Epruveta je stavljena u vodenu kupelj na 60 °C tijekom 20 minuta, zatim hlađena pod mlazom hladne vode 3 minute i ostavljena na sobnoj temperaturi sljedećih 30 min. Apsorbancija je mjerena spektrofotometrom pri valnoj duljini od 558 ± 2 nm u staklenoj kiveti. Slijepa proba pripremana je na jednaki način kao i uzorak, samo je umjesto hidrolizata korištena destilirana voda. Postotak kolagena izračunat je prema formulama (14) i (15).

$$w(\text{hidroksiprolina}) = \frac{6,25 \times c}{m \times V} \times 100 \quad (14)$$

gdje je:

w – maseni udio hidroksiprolina u testnom uzorku, izražen kao postotak

c – koncentracija hidroksiprolina očitana iz baždarnog dijagrama ($\mu\text{g/mL}$)

m – masa testnog dijela uzorka (g)

V – volumen alikvotnog dijela hidrolizata (mL)

Postotak kolagena predstavlja količinu proteina vezivnog tkiva u proizvodu dobivenu množenjem masenog udjela hidroksiprolina (%) s faktorom 8.

$$\% \text{ kolagena} = \% \text{ hidroksiprolina} \times 8 \quad (15)$$



Slika 17 Uređaj za određivanje hidroksiprolina (DR/4000U, Hach)

3.3.3.6. Određivanje sastava masnih kiselina

Postupak određivanja sastava masnih kiselina u pilećem mesu proveden je prema metodama HRN EN ISO 12966-2:2011 i HRN EN ISO 12966-4:2015.

U konusnu epruvetu od 50 mL odvagano je 60 mg uzorka ekstrahirane masti i dodano 4 mL izooktana te zatim mućkano na mješalici (vorteksu) dok se sva mast nije otopila. Za pripravu metilnih estera masnih kiselina, u konusnu epruvetu s uzorkom je dodano 200 μ L 2N metanolne otopine kalij hidroksida te snažno mućkano na mješalici (vorteksu) 60 sekundi. Konusna epruveta s uzorkom je ostavljena da odstoji na sobnoj temperaturi oko 2 min, a zatim je u nju dodano 4 mL zasićene otopine natrijevog klorida i kratko promućkano. Gornji sloj izooktana prebačen je u novu konusnu epruvetu od 50 mL u koju je potom dodano 2 g bezvodnog natrij hidrogensulfata. Uzorak je centrifugiran 5 min na 3000 rpm i temperaturi od 15 °C te filtriran kroz PTFE filter u vial s insertom.

Pripravljeni uzorak postavljen je u automatski sustav za uzorkovanje plinskog kromatografa 7890B, koristeći kapilarnu kolonu za plinsku kromatografiju DB-23 (60 m, 0,25 ID, 0,25 μ m) (Agilent Technologies, Santa Clara, Kalifornija, SAD). Uzorak (1 μ L) je injektiran, uz omjer razdjeljenja 1:50. Temperatura injektora podešena je na 270 °C, a temperatura detektora na 280 °C. Početna temperatura kolone podešena je na 130 °C, nakon 1 minute programirano je povećavana brzinom od 6,5 °C/min do 170 °C/min, zatim je brzinom od 2,75 °C/min grijana

do 215 °C uz zadržavanje od 12 minuta, nakon toga se ponovno brzinom od 40 °C/min zagrijavala do 230 °C uz zadržavanje od 3 minute. Plin nosioc bio je helij uz protok od 3 mL/min pri konstantnom tlaku, detektorski protoci vodika i zraka bili su 40 mL/min te 450 mL/min, a kao *makeup* plin korišten je dušik sa protokom od 25 mL/min. Vrijeme trajanja analize uzorka iznosilo je 42 minute. Pri istim uvjetima analiziran je i standard metilnih estera masnih kiselina (Supelco TM 37 FAME Mix, Bellefonte, SAD).

U **Tablici 31** prikazana je struktura, naziv i tip (skupina) analiziranih masnih kiselina.

Tablica 31 Analizirane masne kiseline

Struktura	Naziv	Tip
C4:0	maslačna kiselina	SFA
C6:0	kapronska kiselina	SFA
C8:0	kaprilna kiselina	SFA
C10:0	kaprinska kiselina	SFA
C11:0	unidekanska kiselina	SFA
C12:0	laurinska kiselina	SFA
C13:0	tridekanska kiselina	SFA
C14:0	miristinska kiselina	SFA
C14:1	miristoleinska kiselina	MUFA (omega-5)
C15:0	pentadekanska kiselina	SFA
C15:1	<i>cis</i> -10-pentadekanska kiselina	MUFA
C16:0	palmitinska kiselina	SFA
C16:1n7 _t	palmitoleinska kiselina	MUFA (omega-7)
C16:1n7 _c	palmitoleinska kiselina	MUFA (omega-7)
C17:0	heptadekanska kiselina	SFA
C17:1	<i>cis</i> -10-heptadekanska kiselina	MUFA
C18:0	stearinska kiselina	SFA
C18:1n9 _t	elaidična kiselina	MUFA (omega-9)
C18:1n9 _c	oleinska kiselina	MUFA (omega-9)
C18:1n7	vakcenska kiselina	MUFA
C18:2n6 _t	linolna kiselina	PUFA (omega-6)
C18:2n6 _c	linolna kiselina	PUFA (omega-6)
C18:3n6	γ -linolenska kiselina	PUFA (omega-6)
C18:3n3	α -linolenska kiselina	PUFA (omega-3)
C18:4n3	stearidonska kiselina	PUFA (omega-3)

C20:0	arahidska kiselina	SFA
C20:1n9	<i>cis</i> -11-eikozenska kiselina	MUFA
C20:2n6	eikozadienska kiselina	PUFA (omega-6)
C21:0	heneikosanoična kiselina	SFA
C20:3n6	eikozatrienska kiselina	PUFA (omega-6)
C20:4n6	arahidonska kiselina	PUFA (omega-6)
C20:3n3	eikozatrienska kiselina	PUFA (omega-3)
C20:4n3	eikozatetraenska kiselina	PUFA (omega-3)
C20:5n3	eikozapentaenska (EPA) kiselina	PUFA (omega-3)
C22:0	behenska kiselina	SFA
C22:1n11	cetoleična kiselina	PUFA
C22:1n9	eručna kiselina	MUFA (omega-9)
C22:2n6	dokosadienoična kiselina	PUFA (omega-6)
C23:0	trikozanoična kiselina	SFA
C22:5n3	dokozapentaenska kiselina	PUFA (omega-3)
C24:0	lignocerinska kiselina	SFA
C22:6n3	dokozahexaenska (DHA) kiselina	PUFA (omega-3)
C24:1n9	nervonična kiselina	MUFA

Pojedinačni pikovi masnih kiselina identificirani su usporedbom sa vremenima zadržavanja (*retention time*) metilnih estera masnih kiselina standardne smjese, analiziranih pri istim uvjetima uz dozvoljeno odstupanje $\pm 3\%$.

Postotni udio svake pojedine masne kiseline (% MK) izračunat je prema formuli (16).

$$\%MK = \frac{A_x}{\sum A} \times 100 \quad (16)$$

gdje je:

A_x = površina pika X metilnog estera pojedine masne kiseline (PaS)

ΣA = zbroj površina svih pikova metilnih estera masnih kiselina (PaS)

Prilikom izračunavanja udjela masnih kiselina, za svaku masnu kiselinu uzet je u obzir i faktor korekcije instrumenta (HRN EN ISO 12966-4:2015). Prilikom preračunavanja udjela masnih kiselina izraženih kao % ukupnih masnih kiselina na udio masnih kiselina izraženih kao g /100 g uzorka koristio se faktor konverzije za meso peradi 0,945 (FAO/ INFOODS Guedlines, 2012.).



Slika 18 Plinski kromatograf (GC) s plameno-ionizacijskim detektorom (FID)

3.3.4. Određivanje senzorskih svojstava mesa pilića

Senzorska svojstva pilećeg mesa ispitana su na 40 uzoraka kuhanog i pečenog mesa (prsna te batac sa zabatkom). Senzorsku procjenu proveo je tim od 23 senzorska ispitivača, djelatnika Prehrambeno – biotehnološkog fakulteta (PBF) Sveučilišta u Zagrebu, koji su prošli osnovni tečaj za senzorskog ispitivača (ISO 8586:2012). Broj senzorskih ispitivača određen je temeljem željene osjetljivosti testa u trokutu, a prema tablici priloženoj u samom standardu.

Laboratorij za kontrolu kvalitete u prehrambenoj industriji pri PBF-u, u kojem je provedena senzorska procjena, opremljen je u skladu sa zahtjevima ISO standarda (ISO 8589:2007) (**Slika 13**).

Senzorska procjena provedena je sukladno svim zahtjevima iz standarda počevši od općih uvjeta i zahtjeva, zahtjeva za ispitivače, za postupke pripreme, serviranja, radnih uputa, obrazaca te analize i interpretacije rezultata uz korištenje testova za senzorska ispitivanja: test u trokutu, test upoređenja u paru i senzorsku procjenu sustavom bodovanja.

3.3.4.1. Priprema uzoraka za senzorsku analizu

Uzorci pilećeg mesa dopremljeni su u laboratorij u smrznutom stanju. Prije kuhanja, odnosno pečenja su odmrznuti te potom podvrgnuti termičkoj obradi.

Kuhanje uzoraka mesa provedeno je u skladu sa standardnom procedurom, na 95 °C tijekom 45 minuta, u loncu za kuhanje na električnom štednjaku EC5141WG (Gorenje Zagreb d.o.o., Zagreb, Hrvatska), bez dodatka soli i začina. Temperatura mesa pratila se uz pomoć digitalnog ubodnog termometra (AMSA, 2015.). Potom je izrezano na kockice veličine 10 x 10 x 10 mm. Uzorci, temperature 55 °C, servirani su na plastičnim bijelim tanjurima, označeni troznamenkastim kodovima i ponuđeni ispitivačima na ocjenu (Lyon i sur., 2004.). Ispitivačima je u plastičnim čašama poslužena i voda te jednokratni plastični pribor (nož i viljuška). Temperatura prostorije bila je 22 °C (ISO 8589:2007).

Pečenje uzoraka mesa provedeno je u pećnici s ventilacijom (BO715E10X, Gorenje Zagreb d.o.o., Zagreb, Hrvatska) u posudi za pečenje, na temperaturi od 180 °C tijekom 60 minuta (Hašćik i sur., 2013.; AMSA, 2015.) (**Slika 14 a**). Nakon kratkog hlađenja na temperaturu od 70°C narezano je na kockice veličine 10 x 10 x 10 mm (**Slika 14 b**). Uzorci, temperature 55°C, servirani su na plastičnim bijelim tanjurima, označeni troznamenkastim kodovima i ponuđeni ispitivačima na ocjenu (Lyon i sur., 2004.; Hašćik i sur., 2013.). Također je ispitivačima u plastičnim čašama poslužena i voda te jednokratni plastični pribor (nož i viljuška). Temperatura prostorije bila je 22 °C (ISO 8589:2007).

3.3.4.2. Test u trokutu

Testu u trokutu proveden je u skladu s ISO standardnom procedurom (ISO 4120:2004). Senzorski ispitivači dobili su set od tri uzorka, koji su bili označeni troznamenkastim kodom, uz informaciju da su dva uzorka jednaka, a jedan se razlikuje. Zadatak je bio označiti uzorak koji se razlikuje. Rezultati procjene dani su na obrascu kreiranom prema primjeru iz standarda (**Prilog 2**). Ovaj test je primijenjen sa svrhom kako bi se uvdilo ima li razlike u pojedinim senzorskim svojstvima u uzorcima kuhanog i u uzorcima pečenog bijelog i crvenog mesa pilića hranjenih tovnim smjesama s različitim udjelom brašna crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) u odnosu na kontrolnu skupinu.

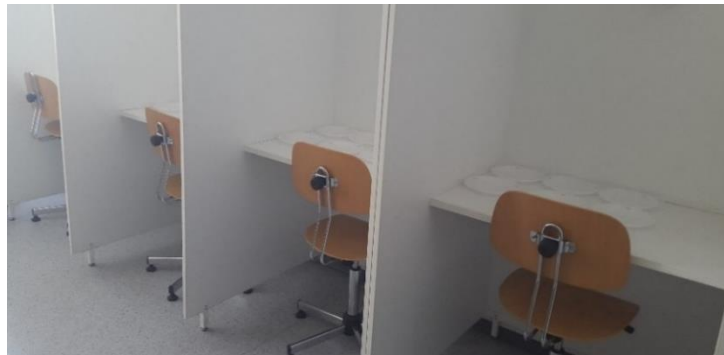
3.3.4.3. Test upoređenja u paru

Test upoređenja u paru proveden je u skladu sa standardnom procedurom ISO 5495:2005. Senzorski ispitivači dobili su dva uzorka (par) koji su bili označeni troznamenkastim kodom. Na obrascu su označili uzorak za koji su smatrali da je intenzivniji u navedenom senzorskom svojstvu. Senzorska procjena korištenjem testa upoređenja u paru ukazuje na razlike kod pojedinih senzorskih svojstava za izraženije senzorsko svojstvo. U ovom istraživanju test je

primjenjen na uzorcima kuhanog i pečenog bijelog i crvenog mesa pilića, kako bi se ispitalo odražava li se promjena u sastavu krmne smjese na određeno ispitivano senzorsko svojstvo.

3.3.4.4. Senzorska procjena sustavom bodovanja

U svrhu senzorske procjene sustavom bodovanja, sedam senzorskih ispitivača ocjenjivalo je svojstva svježeg, kuhanog i pečenog bijelog pilećeg mesa te mesa bataka sa zabatkom, koristeći skalu od 0 do 5 bodova za svako senzorsko svojstvo, kako bi se ocijenila veličina odstupanja od poželjnih karakteristika ispitivanih uzoraka (ISO 4121:2003). Ocjenjivana senzorska svojstva bila su boja, konzistencija, miris i okus. Obrazac je kreiran prema primjeru iz standarda (**Prilog 3**).



Slika 19 Opremljeni odjeljci za senzorska ispitivanja u laboratoriju

(slika: Gross – Bošković, A., 2021.)



a)



b)

Slika 20 Pečenje mesa a) i priprema uzoraka pečenog mesa za senzorsku analizu b)

(slika: Gross – Bošković, A., 2021.)

3.3.5. Statistička obrada rezultata

Statistička obrada rezultata provedena je pomoću računalnog programa SAS (SAS Institute Inc., Cary, Nova Karolina, SAD, 2000).

Razlike između hranidbenih tretmana za vrijednosti proizvodnih pokazatelja, tehnoloških svojstva, kao i rezultata analiza kemijskih i senzorskih svojstava mesa pilića, analizirane su analizom varijance koristeći PROC GLM proceduru u SAS programu. Značajnost razlika testirana je *post hock* LSD i Tuckeyevim testom na razini značajnosti 0,05.

Rezultati brojčanih vrijednosti kemijskih parametara uspoređivani su s obzirom na pokusne skupine (kontrola, P1, P2 i P3) i vrste mesa (mišić prsa te batak sa zabatkom).

4. REZULTATI

4.1. REZULTATI PROIZVODNIH POKAZATELJA PILIĆA

Od proizvodnih pokazatelja tijekom pokusa praćene su na tjednoj bazi mase pilića i količina potrošene hrane. Na temelju ovih podataka izračunati su konverzija hrane i proizvodni broj. U **Tablici 32** prikazane su prosječne tjelesne mase pilića tijekom 42 dana (6 jedana) tova, a u **Tablici 33** prikazano je kretanje konverzija hrane po tjednima za pojedine pokusne skupine.

Tablica 32 Prosječne tjelesne mase pilića po tjednima tova (g)

Pokusne skupine	K	P1	P2	P3	<i>p- vrijednost</i>
VRIJEME (tjedan)	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
0.	40,94±3,06	40,09±2,57	39,87±3,21	41,15±3,09	0,097
1.	169,38±20,51 ^b	191,30 ±39,87 ^a	181,28±15,10 ^{ab}	176,77±23,88 ^b	0,003
2.	394,45 ±8,64 ^b	445,49 ±19,78 ^a	412,28 ±18,92 ^{ab}	383,54 ±20,25 ^b	0,001
3.	921,76 ±61,42 ^{ab}	983,36 ±48,31 ^a	899,94 ±48,38 ^{ab}	795,65 ±30,45 ^b	0,009
4.	1449,38 ± 45,83 ^{ab}	1531,39 ± 80,40 ^a	1475,35 ±59,56 ^a	1297,58 ±61,93 ^b	0,010
5.	2153,43 ±34,20 ^a	2239,35 ±86,49 ^a	2207,22 ±85,21 ^a	1863,02 ±107,01 ^b	0,002
6.	2882,95 ± 41,72 ^a	2779,09 ±63,61 ^{ab}	2774,37 ±108,95 ^{ab}	2558,15 ±171,38 ^b	0,004

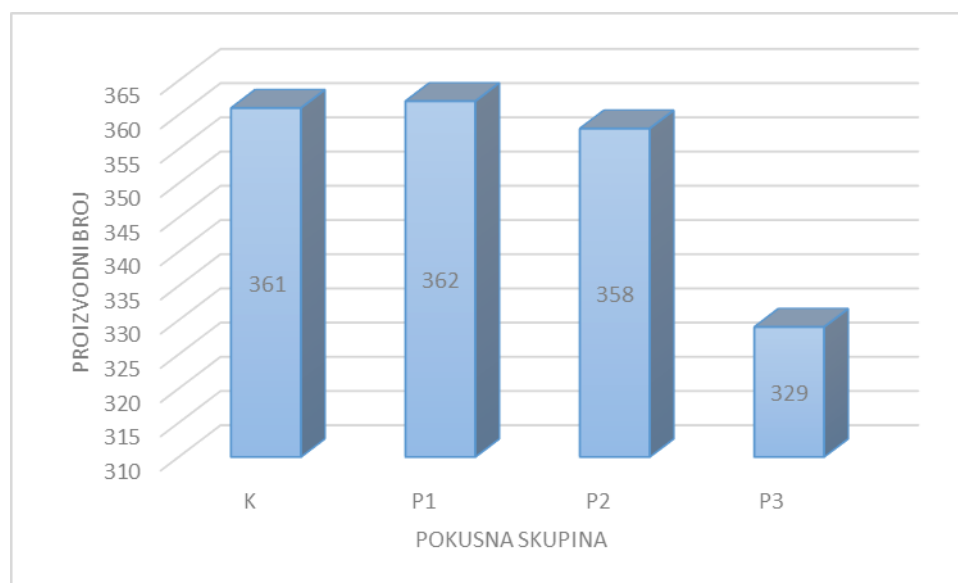
K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b) statistički se razlikuju prema Tukey testu $P < 0,05$

Tablica 33 Konverzija po tjednima tova (g/g)

Pokusne skupine	K	P1	P2	P3	<i>p</i> -vrijednost
VRIJEME (tjedan)	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
1.	1,45±0,33	1,46±0,02	1,52±0,13	1,24±0,20	0,096
2.	1,88±0,37	1,63±0,01	2,05±0,18	1,91±0,26	0,093
3.	1,59±0,12	1,41±0,04	1,69±0,16	1,74±0,38	0,132
4.	1,61±0,04	1,69±0,24	1,58±0,02	1,72±0,22	0,609
5.	1,77±0,02 ^b	1,74±0,07 ^b	1,72±0,02 ^b	1,90±0,02 ^a	0,001
6.	2,05±0,08 ^b	2,39±0,18 ^a	2,22±0,14 ^{ab}	1,97±0,07 ^b	0,014

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b) statistički se razlikuju prema Tukey testu ($P < 0,05$)

Na **Slici 15** prikazan je dobiveni proizvodni broj za sve četiri pokusne skupine.



K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); statistička značajnost određena kотиštenjem Tukey testa ($P < 0,05$)

Slika 15 Proizvodni broj pilića prema pokusnim skupinama

U **Tablici 34** prikazana je rasčlamba na osnovne dijelove trupa: prsa, batac sa zabatkom, krila, leđa i abdominalno masno tkivo. Također je izračunat i randman klanja (**Tablica 35**).

Tablica 34 Masa trupova i osnovnih dijelova pilića (g)

Pokusne skupine	K	P1	P2	P3	<i>p-vrijednost</i>
Statistički parametar	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
Trup	2118,26±20,42 ^a	2157,41±37,23 ^a	2131,00±50,32 ^a	2016,23±37,22 ^b	0,014
Prsa	811,25±11,58 ^b	912,78±20,72 ^a	889,79±24,70 ^a	841,54±18,69 ^b	< 0,001
Bataci i zabatci	639,33±7,04 ^a	601,68±8,35 ^b	595±22,76 ^b	560±18,16 ^c	< 0,001
Leđa	456,46±11,06 ^a	428,69±12,19 ^b	430,38±7,49 ^b	409,53±9,91 ^b	0,006
Krila	211,21±5,32	214,25±5,06	215,02±5,42	206,25±6,32	0,229
Abdominalno masno tkivo	49,82±0,90 ^a	40,96±2,04 ^c	42,99±3,09 ^{bc}	49,17±4,52 ^{ab}	0,002

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b, c) statistički se razlikuju prema Tukey testu (P<0,05)

Tablica 35 Randman klanja (%) i udio mase osnovnih dijelova pilića u trupu (%)

Pokusne skupine	K	P1	P2	P3	<i>p-vrijednost</i>
Statistički parametar	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
Randman klanja	72,03±2,98 ^a	73,94±1,58 ^b	73,69±1,77 ^b	73,81±1,60 ^b	0,009
Prsa	38,29±0,43 ^b	42,31±0,53 ^a	41,75±0,64 ^a	41,72±0,41 ^a	< 0,001
Bataci i zabatci	30,18±0,42 ^a	27,89±0,25 ^b	27,96±0,58 ^b	27,79±0,57 ^b	< 0,001
Leđa	21,55±0,36 ^a	19,87±0,39 ^b	20,20±0,40 ^b	20,31±0,57 ^b	0,004
Krila	9,97±0,21	9,93±0,16	10,09±0,03	10,17±0,22	0,324
Abdominalno masno tkivo	2,35±0,04 ^{ab}	1,90±0,13 ^c	2,02±0,17 ^{bc}	2,44±0,26 ^a	0,004

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b, c) statistički se razlikuju prema Tukey testu (P<0,05)

U **Tablicama 36 i 37** prikazani su relativni udjeli tkiva za mišiće prsa te bataka sa zabatkom.

Tablica 36 Udjeli tkiva u mišićima prsa (%)

Pokusna skupina	K	P1	P2	P3	<i>p-vrijednost</i>
Statistički parametar	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
Mišićno tkivo	81,73±0,40 ^c	84,96±0,58 ^a	82,82±0,38 ^{bc}	83,36±0,91 ^b	< 0,001
Koža s potkožnim masnim tkivom	5,99±0,38	6,12±0,56	5,95±0,34	6,35±0,22	0,311
Kosti	12,27±0,67 ^a	8,92±0,28 ^c	11,23±0,65 ^{ab}	10,29±1,10 ^{bc}	< 0,001

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b, c) statistički se razlikuju prema Tukey testu (P<0,05)

Tablica 37 Udjeli tkiva u batku sa zabatkom (%)

Pokusna skupina	K	P1	P2	P3	<i>p-vrijednost</i>
Statistički parametar	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
Mišićno tkivo	67,55±0,22 ^{ab}	68,58±0,75 ^a	67,70±0,46 ^{ab}	66,33±1,39 ^b	0,014
Koža s potkožnim masnim tkivom	11,89±0,30 ^{ab}	11,51±0,74 ^{ab}	10,97±0,68 ^b	12,82±1,13 ^a	0,002
Kosti	20,55±0,48 ^{ab}	19,90±0,93 ^b	21,31±0,78 ^a	20,77±0,36 ^{ab}	0,006

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b) statistički se razlikuju prema Tukey testu (P<0,05)

4.2. REZULTATI TEHNOLOŠKIH POKAZATELJA MESA PILIĆA

U **Tablici 38** prikazani su pokazatelji tehnološke kvalitete mišića prsa, dok su u **Tablici 39** prikazane pH vrijednosti za mišiće prsa i zabatke.

Tablica 38 Pokazatelji tehnološke kvalitete za mišiće prsa

Pokusna skupina	K	P1	P2	P3	<i>p-vrijednost</i>
Statistički parametar	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
Otpuštanje mesnog soka 24 h (%)	1,17±0,03 ^b	1,65±0,19 ^a	1,16±0,24 ^b	1,39±0,33 ^{ab}	0,029
Otpuštanje mesnog soka 48 h (%)	3,23±0,72	2,62±0,68	2,64±0,79	3,17±1,13	0,636
Sposobnost vezivanja vode (cm ²)	6,70±0,91	6,91±0,79	7,19±1,49	6,24±0,65	0,582
Kalo kuhanja (%)	24,91±1,16 ^a	19,90±1,49 ^b	23,83±2,16 ^a	23,57±2,24 ^{ab}	0,014
Otpor mišića na presijecanje (N)	38,95±2,19 ^a	31,49±1,03 ^b	35,49±4,90 ^{ab}	29,26±2,98 ^b	0,006

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b) statistički se razlikuju prema Tukey testu ($P < 0,05$)

Tablica 39 Vrijednosti pH za mišiće prsa i zabatke

Pokusna skupina	K	P1	P2	P3	<i>p-vrijednost</i>
Statistički parametar	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
pH ₁ prsa	6,34±0,06 ^b	6,49±0,06 ^a	6,42±0,04 ^{ab}	6,35±0,03 ^b	0,021
pH ₂ prsa	5,94±0,07	6,00±0,06	5,96±0,06	6,06±0,06	0,159
pH ₁ zabataka	6,51±0,07	6,60±0,11	6,56±0,02	6,49±0,06	0,228
pH ₂ zabataka	6,31±0,09	6,25±0,06	6,21±0,05	6,20±0,04	0,298

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); pH₁ – vrijednost izmjerena 45 min nakon klanja; pH₂ – vrijednost izmjerena 24 sata nakon klanja; \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b) statistički se razlikuju prema Tukey testu ($P < 0,05$)

U **Tablici 40** prikazani su rezultati mjerenja za boju mišića prsa te boju zabataka.

Tablica 40 Prosječne vrijednosti boje mišićnog tkiva prsa i boje zabataka (CIE L*, a* i b*)

Pokusna skupina		K	P1	P2	P3	<i>p-vrijednost</i>
Statistički parametar		$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
Prsa	CIE L*	55,63±1,04 ^a	53,89±1,12 ^{ab}	55,31±1,38 ^a	52,48±1,22 ^b	0,039
	CIE b*	2,38±0,26	2,08±0,53	1,95±0,29	2,21±0,23	0,336
	CIE a*	4,64±0,79 ^b	5,91±0,49 ^{ab}	6,77±0,90 ^a	6,25±0,79 ^a	0,043
Zabatak	CIE L*	54,07±2,19	50,98±1,74	53,29±2,26	52,89±1,96	0,280
	CIE b*	12,08±0,71	12,08±1,25	12,91±1,85	13,36±0,38	0,096
	CIE a*	8,58±0,97	7,50±0,45	8,64±1,47	8,90±1,54	0,207

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b) statistički se razlikuju prema Tukey testu (P<0,05)

4.3. REZULTATI KEMIJSKIH SVOJSTAVA MESA PILIĆA

4.3.1. Rezultati osnovnih kemijskih analiza mesa pilića

Tablica 41 Kemijska svojstva pilećeg mesa mišića prsa (%)

Pokusna skupina	K	P1	P2	P3	<i>p-vrijednost</i>
Statistički parametar	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
Voda	75,93±0,17 ^{ab}	76,33±0,47 ^a	75,04±0,63 ^b	75,77±0,15 ^{ab}	0,007
Proteini	19,84±0,53 ^a	20,15±0,44 ^a	21,49±0,05 ^b	21,41±0,16 ^b	0,001
Masti	2,59±0,37	2,11±0,11	2,23±0,61	2,13±0,28	0,168
Pepeo	1,16±0,03	1,12±0,01	1,19±0,04	1,20±0,05	0,129
Kolagen	0,54±0,09	0,47±0,04	0,46±0,01	0,51±0,04	0,350

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b) statistički se razlikuju prema Tukey testu ($P < 0,05$)

Tablica 42 Kemijska svojstva pilećeg bataka sa zabatkom (%)

Pokusna skupina	K	P1	P2	P3	<i>p-vrijednost</i>
Statistički parametar	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
Voda	74,59±0,45	75,63±0,47	74,26±0,44	74,54±0,24	0,239
Proteini	18,89±0,21 ^a	17,22±0,02 ^b	18,73±0,43 ^a	18,09±0,31 ^a	0,001
Masti	6,69±0,91	5,36±0,71	7,08±0,42	6,64±0,35	0,291
Pepeo	1,02±0,02 ^{ab}	1,01±0,00 ^{ab}	0,98±0,01 ^b	1,04±0,01 ^a	0,013
Kolagen	1,09±0,15	1,30±0,03	0,17±0,17	1,26±0,10	0,211

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost; sd – standardna devijacija; vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b) statistički se razlikuju prema Tukey testu ($P < 0,05$)

4.3.2. Rezultati analiza masnokiselinskog sastava mesa pilića

U **Tablicama 43 – 44** prikazani su rezultati masnokiselinskog sastava mesa mišića prsa te bataka sa zabatkom kao i p vrijednosti za određivane masne kiseline.

Tablica 43 Sadržaj masnih kiselina u mastima mesa mišića prsa (%)

Pokusna skupina	K	P1	P2	P3	<i>p-vrijednost</i>
Masna kiselina/ skupina	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
C8:0	0,16±0,11	0,11±0,11	0,11±0,09	n.d.	0,524
C12:0	0,13±0,02 ^a	1,17±0,12 ^b	1,86±0,23 ^c	2,83±0,34 ^d	< 0,001
C14:0	0,59±0,07 ^a	1,05±0,08 ^b	1,32±0,14 ^c	1,69±0,17 ^d	< 0,001
C15:0	0,10±0,04	0,05±0,06	0,06±0,05	0,08±0,05	0,309
C16:0	24,29±1,91 ^b	26,07±2,02 ^{bc}	27,16±2,29 ^c	30,06±0,94 ^a	< 0,001
C17:0	0,20±0,04 ^b	0,40±0,24 ^a	0,22±0,12 ^b	0,09±0,08 ^b	0,001
C18:0	7,91±1,17 ^b	9,10±1,41 ^a	7,44±1,09 ^b	7,23±0,66 ^b	0,003
SFA	33,44±2,77 ^a	38,04±3,15 ^b	38,16±3,33 ^b	41,97±1,32 ^c	< 0,001
C14:1	0,18±0,03 ^b	0,15±0,11 ^b	0,33±0,04 ^a	0,42±0,05 ^c	< 0,001
C16:1n-7t	0,39±0,21 ^a	0,55±0,09 ^b	0,25±0,26 ^a	0,52±0,10 ^b	0,005
C16:1n-7c	4,18±1,04 ^b	4,45±0,85 ^b	6,26±0,73 ^a	8,47±1,05 ^c	< 0,001
C18:1n-9t	0,15±0,05 ^a	0,06±0,10 ^a	0,13±0,09 ^a	0,36±0,07 ^b	< 0,001
C18:1n-9c	38,74±0,84 ^b	36,26±1,45 ^a	38,31±1,64 ^b	38,56±0,95 ^b	< 0,001
C18:1n-7	1,56±0,11 ^b	1,65±0,17 ^b	1,86±0,13 ^a	2,35±0,22 ^c	< 0,001
C20:1n-9	0,36±0,04	0,36±0,03	0,35±0,02	0,38±0,03	0,256
MUFA	45,70±1,49 ^c	43,48±1,92 ^a	47,49±2,16 ^c	51,06±1,04 ^b	< 0,001
C18:2n-6c	19,87±2,56 ^b	16,83±3,02 ^{bc}	13,32±3,83 ^c	6,67±1,10 ^a	< 0,001
C18:3n-6	0,07±0,06 ^b	0,19±0,16 ^a	0,06±0,07 ^b	n.d.	0,030
C20:2n-6	0,13±0,07	0,14±0,12	0,11±0,08	n.d.	0,728
C20:3n-6	0,07±0,08	0,08±0,11	0,07±0,09	n.d.	0,959
C20:4n-6	0,16±0,10 ^b	0,35±0,22 ^a	0,19±0,15 ^b	n.d.	0,002
n-6	20,30±2,77 ^{c,d}	17,59±3,35 ^d	13,72±4,14 ^{a,d}	6,73±1,18 ^{a,b,c}	< 0,001
C18:3n-3	0,50±0,06 ^b	0,81±0,17 ^a	0,54±0,16 ^b	0,13±0,07 ^c	< 0,001
n-3	0,50±0,06 ^b	0,81±0,17 ^a	0,54±0,16 ^b	0,13±0,07 ^c	< 0,001
PUFA	20,80±2,77 ^b	18,40±3,35 ^b	14,26±4,24 ^a	6,86±1,20 ^c	< 0,001
n-6/n-3	40,61±7,19 ^a	22,68±6,48 ^b	25,44±6,31 ^b	35,18±19,05 ^b	0,003
PUFA/SFA	0,63 ± 0,13 ^a	0,49 ± 0,12 ^b	0,38 ± 0,14 ^b	0,16 ± 0,03 ^b	< 0,001

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost svih skupina; sd – standardna devijacija; n.d.- nije detektirano (limit detekcije LOD = 0,05 %);

vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b, c, d) statistički se razlikuju prema Tukey testu (P<0,05)

Tablica 44 Sadržaj masnih kiselina u mastima mišića bataka sa zabatkom (%)

Pokusna skupina	K	P1	P2	P3	<i>p</i> -vrijednost
Masna kiselina/ skupina	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
C8:0	0,11±0,06	0,07±0,01	n.d	0,06±0,05	0,085
C12:0	0,09±0,01 ^a	1,09±0,12 ^b	1,74±0,19 ^c	2,79±0,31 ^d	< 0,001
C14:0	0,48±0,04 ^a	0,95±0,03 ^b	1,22±0,10 ^c	1,58±0,15 ^d	< 0,001
C15:0	0,08±0,01	0,08±0,00	0,08±0,01	0,07±0,01	0,165
C16:0	20,92±1,12 ^b	22,45±1,24 ^b	24,86±1,18 ^a	27,05±1,11 ^c	< 0,001
C17:0	0,09±0,05	0,14±0,02	0,13±0,02	0,11±0,03	0,082
C18:0	6,07±0,65	5,78±0,65	5,74±0,30	5,47±0,58	0,166
SFA	27,91±1,36 ^a	30,56±1,12 ^b	33,76±1,01 ^c	37,17±1,36 ^d	< 0,001
C14:1	0,14±0,02 ^a	0,24±0,04 ^b	0,31±0,02 ^c	0,45±0,06 ^d	< 0,001
C16:1n-7t	0,35±0,20	0,50±0,04	0,45±0,04	0,46±0,19	< 0,001
C16:1n-7c	4,5 5±0,96 ^b	5,85±0,73 ^{bc}	7,06±0,73 ^c	9,37±1,15 ^a	< 0,001
C17:1	0,05±0,03	n.d.	0,05±0,03	0,06±0,03	0,119
C18:1n-9t	0,13±0,03 ^b	0,17±0,02 ^a	0,15±0,00 ^b	0,20±0,04 ^a	< 0,001
C18:1n-9c	36,89±0,89 ^b	36,92±0,62 ^b	38,38±1,09 ^{ac}	39,45±1,43 ^c	< 0,001
C18:1n-7	1,50±0,08 ^b	1,75±0,14 ^{bc}	1,89±0,12 ^c	2,39±0,24 ^a	< 0,001
C20:1n-9	0,32±0,04 ^b	0,36±0,05 ^a	0,34±0,02 ^b	0,38±0,04 ^a	0,030
MUFA	43,92±1,40 ^a	45,79±0,89 ^b	48,63±1,36 ^c	52,77±1,44 ^d	< 0,001
C18:2n-6t	n.d.	n.d.	0,09 ^a	0,12 ^b	0,001
C18:2n-6c	26,32±1,85 ^a	21,93±1,76 ^b	16,35±1,52 ^c	9,28±1,01 ^d	< 0,001
C18:3n-6	0,17±0,04 ^b	0,19±0,05 ^{bc}	0,11±0,03 ^c	0,05±0,04 ^a	< 0,001
C20:2n-6	0,21±0,02 ^b	0,21±0,02 ^b	0,15±0,02 ^a	0,10±0,02 ^c	< 0,001
C20:3n-6	0,22±0,03 ^b	0,21±0,03 ^b	0,14±0,02 ^a	0,05±0,04 ^c	< 0,001
C20:4n-6	0,38±0,07 ^b	0,36±0,06 ^b	0,19±0,04 ^a	0,07±0,04 ^a	< 0,001
n-6	26,98±1,90 ^a	22,90±1,87 ^b	17,05±1,60 ^c	9,66±1,07 ^d	< 0,001
C18:3n-3	0,66±0,06 ^b	0,70±0,04 ^b	0,50±0,04 ^a	0,29±0,06 ^c	< 0,001
n-3	0,66±0,06 ^b	0,70±0,04 ^b	0,50±0,04 ^a	0,30±0,05 ^c	< 0,001
PUFA	27,63±1,93 ^a	23,59±1,89 ^b	17,55±1,63 ^c	9,96±1,13 ^d	< 0,001
n-6/n-3	39,86±2,17 ^b	32,90±2,46 ^a	34,06±1,70 ^a	33,07±3,79 ^a	0,001
PUFA/SFA	1,01±0,11 ^a	0,77±0,09 ^b	0,52±0,06 ^c	0,27±0,04 ^d	< 0,001

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); \bar{x} - srednja vrijednost svih skupina; sd – standardna devijacija; n.d.- nije detektirano (limit detekcije LOD = 0,05 %); vrijednosti u istom redu označene različitim slovima (a, b, c, d) statistički se razlikuju prema Tukey testu (P<0,05)

4.4. REZULTATI ANALIZA SENZORSKIH SVOJSTAVA MESA PILIĆA

Tablica 45 Senzorska procjena sustavom bodovanja za svježe, kuhano i pečeno meso prsa (PBM)

Senzorska svojstva	Svježe				Kuhano				Pečeno				
	UZORAK	K	P1	P2	P3	K	P1	P2	P3	K	P1	P2	P3
Boja		5,00	5,00	5,00	5,00	4,85	4,71	4,57	4,85	5,00	4,85	4,71	4,71
Konzistencija		4,67	5,00	5,00	5,00	4,42	4,71	4,42	4,42	4,57	4,71	4,57	4,41
Miris		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,85	4,57	4,71	4,71
Okus		n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	4,71	4,57	4,57	4,00	5,00	4,71	4,42	4,28
Ukupno		14,67	15,00	15,00	15,00	18,98	18,99	18,56	17,27	19,42	18,84	18,41	18,11

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); n.o. – nije određivano

Tablica 46 Senzorska procjena sustavom bodovanja za svježe, kuhano i pečeno meso bataka i zabataka (PCM)

Senzorska svojstva	Svježe				Kuhano				Pečeno				
	UZORAK	K	P1	P2	P3	K	P1	P2	P3	K	P1	P2	P3
Boja		5,00	4,57	5,00	5,00	5,00	4,85	4,00	4,57	4,71	4,85	4,85	4,85
Konzistencija		5,00	5,00	5,00	5,00	4,85	4,57	4,71	4,57	4,85	4,57	4,85	4,85
Miris		5,00	5,00	5,00	5,00	4,85	5,00	4,71	4,85	4,57	4,42	4,85	4,42
Okus		n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	4,85	4,85	3,86	4,29	4,71	4,28	4,57	4,28
Ukupno		15,00	14,57	15,00	15,00	19,55	19,27	17,28	18,70	18,84	18,12	19,12	18,40

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); n.o. – nije određivano

Tablica 47 Značajnost razlika u senzorskim svojstvima pilećeg mesa prsa (PBM) i pilećeg mesa bataka i zabataka (PCM) obzirom na termičku obradu i dodani udio proteina crne vojničke muhe

Senzorska svojstva	Izvor varijacija	P vrijednost	
		PBM	PCM
Boja	termička obrada	0,451	0,382
	% Hi	0,617	0,218
Konzistencija	termička obrada	0,215	0,204
	% Hi	0,184	0,061
Miris	termička obrada	0,161	0,886
	% Hi	0,926	0,500
Okus	termička obrada	0,993	0,266
	% Hi	0,512	0,055
Sveopća kvaliteta	termička obrada	0,911	0,386
	% Hi	0,772	0,067

% Hi – udio proteina crne vojničke muhe; PBM – pečeno meso prsa ; PCM – pečeno meso bataka i zabataka

Tablica 48 Značajnost razlika u kvaliteti za kuhano pileće bijelo meso (BM) i kuhano pileće crveno meso (CM) u odnosu na pečeno pileće bijelo meso (BM) i pečeno pileće crveno meso (CM) obzirom na udio proteina crne vojničke muhe (t- test)

Uzorci	P vrijednost			
	Kuhano meso		Pečeno meso	
K – P1	BM	0,999	BM	0,956
	CM	0,979	CM	0,943
K – P2	BM	0,967	BM	0,922
	CM	0,823	CM	0,978
K – P3	BM	0,864	BM	0,899
	CM	0,920	CM	0,966
P1 – P2	BM	0,967	BM	0,966
	CM	0,843	CM	0,822
P1 – P3	BM	0,863	BM	0,942
	CM	0,940	CM	0,978
P2 – P3	BM	0,896	BM	0,976
	CM	0,903	CM	0,944

K – kontrolna skupina; P1 – pokusna skupina 1 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe: 15 %); P2 - pokusna skupina 2 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 25 %); P3 - pokusna skupina 3 (udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe 40 %); BM – bijelo meso; CM – crveno meso

5. RASPRAVA

Porast broja stanovnika u posljednjih nekoliko desetljeća i trend promjena prehrambenih navika potrošača uvjetovali su porast potražnje za hranom, osobito one animalnog podrijetla. Potrošači preferiraju veću konzumaciju pilećeg mesa, osobito mišića prsa, zbog utvrđenog povoljnijeg utjecaja na zdravlje. Stoga se i proizvodnja mesa peradi orijentira u tom smjeru. Obzirom da je proizvodnja mesa peradi zahtjevna i u energetske i hranidbenom smislu, javlja se potreba za povećanom opskrbom proteina iz održivih izvora, u koje se ubraja i farmski uzgoj kukaca. Upotreba kukaca u hrani za ljude i životinje pokazuje značajne prednosti za okoliš, gospodarstvo i dostupnost hrane.

Sa stajališta proizvodnje i tehnologije važno je proizvesti piliće koji će svojim tovnim svojstvima i tehnološkim karakteristikama zadovoljiti zahtjeve proizvođača, te koje će po kemijskom sastavu i senzorskim svojstvima, odnosno kvalitetom, biti prihvatljivo potrošačima.

U ovom radu su prvi puta sveobuhvatno analizirani i dovedeni u poveznicu svi čimbenici značajni za kvalitetu mesa pilića, u cilju utvrđivanja optimalnog i maksimalnog udjela zamjene dijela proteinske komponente biljnog porijekla (soje) sa odmašćenim brašnom crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*), kao izvora proteina animalnog porijekla u hranidbi pilića.

5.1. UTJECAJ ZAMJENE DIJELA PROTEINSKE KOMPONENTE NA PROIZVODNE POKAZATELJE TOVA PILIĆA

Proizvodni pokazatelji ispitivani su tijekom tova te neposredno nakon klanja. Rezultati proizvodnih pokazatelja prikazani su u **Tablicama 32 – 37**.

U **Tablici 32** prikazane su prosječne tjelesne mase pilića po tjednima tova za sve pokusne skupine, iz kojih se mogu vidjeti i prirasti po pokusnim skupinama. Početne mase pilića (0. dan) bile su vrlo ujednačene i među njima nije bilo statistički značajnih razlika ($p > 0,05$). Međutim, u prvom i u drugom tjednu tova značajno veću tjelesnu masu postigli su pilići u P1 pokusnoj skupini (191,30 g; 445,49 g), te u drugoj pokusnoj skupini (181,28 g; 412,28 g), u odnosu na kontrolnu skupinu (169,38 g; 394, 45 g).

U istraživanjima Southwoda i Crossa (2002), koji su proučavali preživljavanje i prirast kod divljih vrsta peradi iz porodice poljskih koka (trčke), također je uočeno kako je prirast i preživljavanje tijekom prvih 10 dana života bio značajno veći kada su hranjeni hranom koja je sadržavala proteine animalnog porijekla (**Tablica 12**). Dabbou i sur. (2018). proveli su istraživanje na pilićima hibrida Ross 308, pri čemu su načinili djelomičnu zamjenu s odmašćenim brašnom ličinki *Hermetia illucens* u udjelima 5 %, 10 % i 15 %. I u njihovom

istraživanju uočen je povećani prirast, odnosno povećanje u masama pilića, tijekom prvih 10 dana tova. Gariglio i sur. (2019) uvodili su djelomičnu zamjenu proteina biljnog porijekla djelomično odmašćenim brašnom *Hermetia illucens* u udjelima od 3 %, 6 % i 9 % u prehranu mošusnih pataka. U trenutku stavljanja u tov patke su bile stare tri dana. Nije zabilježen utjecaj promjene u masama pataka uvjetovan promjenom hranidbe, osim u slučaju starosti pataka od 38 dana za hranidbeni tretman s udjelom od 6 % djelomično odmašćenog brašna *Hermetia illucens*. Cullere i sur. (2016) proveli su istraživanje na japanskim prepelicama uvodeći djelomičnu zamjenu za proteine biljnog porijekla s odmašćenim brašnom ličinki *Hermetia illucens* u udjelima 10 % i 15 %. Ovi autori nisu uočili povećanje u prirastu tijekom prvih 10 dana tova, međutim, značajna razlika između ovih istraživanja, kao i pokusa u ovom radu, je u tome što su japanske prepelice stavljene u tov sa 10 dana starosti, a pilići hibrida Ross 308 iz ovog pokusa u starosti od jednog dana.

Trend značajnijeg napredovanja u prirastu nastavlja se kod P1 i P2 pokusne skupine u trećem i u četvrtom tjednu tova (**Tablica 32**), gdje su tjelesne mase pilića značajno veće u odnosu na rezultate istraživanja Kralik i sur. (2007), odnosno mase pilića dobivene u uvjetima standardne hranidbe. U ovom istraživanju prosječna tjelesna masa pilića u trećem tjednu uzgoja za P1 pokusnu skupinu iznosila je $983,36 \pm 48,31$ g, a za P2 pokusnu skupinu $899,94 \pm 48,38$ g, dok su u četvrtom tjednu uzgoja prosječne mase za P1 pokusnu skupinu iznosile $1531,39 \pm 80,40$ g, odnosno za P2 pokusnu skupinu $1475,35 \pm 59,56$ g. U radu Kralik i sur. (2007) prosječne mase u trećem tjednu uzgoja iznosile su 796,44 g za muške piliće, odnosno 724,98 g za ženske piliće, dok su u četvrtom tjednu uzgoja iznosile 1352,98 g za muške piliće, odnosno 1235,23 g za ženske piliće. Rezultat ovog istraživanja upućuje na pozitivan učinak zamjene određenog udjela proteina biljnog porijekla s proteinima animalnog porijekla u prvoj polovici tova. U šestom tjednu tova kontrolna skupina je imala značajno veći porast što govori da razvojem probavnog sustava perad može bolje metabolizirati proteine porijeklom iz biljne hrane te su stoga i ostvareni prirasti u kontrolnoj skupini veći od prirasta u sve tri pokusne skupine. Dobiveni rezultati time pokazuju da u tehnološkom smislu djelomična zamjena proteina biljnog porijekla onima animalnog porijekla nije neophodna u zadnjem tjednu tova.

Statistički značajna razlika ($p < 0,05$) uočena je između prve i treće pokusne skupine tijekom pet tjedana tova, odnosno između skupina sa dodatkom 15 % udjela proteina porijeklom od *Hermetia illucens* (P1) i 40 % udjela proteina porijeklom od *Hermetia illucens* (P3), pri čemu su tjelesne mase pilića u trećoj pokusnoj skupini značajno zaostajale za masama pilića u prvoj pokusnoj skupini. Ovakvi rezultati razlikuju se od dosadašnjih istraživanja (Cullere i sur., 2016;

Onsongo i sur., 2018; Dabbou i sur., 2018; Gariglio i sur., 2019). Međutim, treba istaknuti kako se u navedenim istraživanjima radilo sa značajno manjim udjelima zamjene proteina *Hermetia illucens* koja je dodana u hranu za perad. S obzirom na utvrđeno može se zaključiti da je zamjena proteina soje s proteinima animalnog porijekla u udjelu od 40 % previsoka, pri čemu se tako visoki udio nije odrazio na proizvodne parametre u prvom tjednu tova, dok je u kasnijim tjednima razlika u prirastima primjetna. Usporedimo li sve dobivene vrijednosti tjelesnih masa pilića u ovom istraživanju s vrijednostima tjelesnih masa pilića koje su za isti hibrid (Ross 308) prikazali Kralik i sur. (2007) (**Tablica 11**), uočava se da su tijekom prvih pet tjedana tova mase pilića P1 i P2 skupina bile veće od prosječne mase kontrolne skupine, dok se u šestom tjednu tova pokazalo da hrana s dodatkom proteina animalnog porijekla više ne rezultira kontinuiranim povećanjem tjelesne mase pilića.

U **Tablici 33** prikazano je kretanje konverzija hrane tijekom šest tjedana tova. Uočeno je da je konverzija hrane bila ujednačena u prva četiri tjedna tova, odnosno da nije bilo statistički značajnih razlika ($p > 0,05$). U petom tjednu tova konverzija hrane je značajno veća u P3 pokusnoj skupini (1,90 g/g) u odnosu na kontrolnu skupinu, te P1 i P2 pokusnu skupinu (1,77 g/g); 1,74 g/g; 1,72 g/g). Na kraju tova konverzija je bila značajno veća u P1 pokusnoj skupini (2,39 g/g) u odnosu na kontrolnu skupinu (2,05 g/g). Vrijednosti konverzije najniže su u prvom tjednu tova za sve pokusne skupine, a najviše su u šestom tjednu tova.

Prema najnovijim podacima u literaturi (Ross 308 Performance Objectives, 2022), vrijednosti konverzije hrane za hibrid Ross 308 u standardnom tovu kreću se od 0,181 kg/kg u prvom tjednu tova do 1,517 kg/kg u zadnjem tjednu tova. Obzirom na konverziju hrane u ovom istraživanju može se zaključiti da je veći udio proteina animalnog porijekla prouzročio nešto veću konverziju hrane u usporedbi s kontrolnom skupinom, koja je bazirana samo na proteinima biljnog porijekla. Konverzija hrane za kontrolnu skupinu pravilno se povećavala od 1,45 g/g u prvom tjednu tova do 2,05 g/g u šestom tjednu tova unutar grupe, što je u skladu s rezultatima Kralik i sur. (2007), međutim veće od preporuka proizvođača. U pokusnim skupinama P1 i P2 konverzija se kretala od 1,46 g/g (P1), odnosno 1,52 g/g (P2) u prvom tjednu tova do 2,39 g/g (P1), odnosno 2,22 g/g (P2) u završnom tjednu tova. Vidljive su nešto više vrijednosti konverzije hrane u skupinama P1 i P2, ali bez statističke značajnosti. Vrijednosti konverzije hrane za pokusnu skupinu P3 su niže od vrijednosti konverzije u kontrolnoj i pokusnim grupama P1 i P2 za cijelo vrijeme tova, no uspoređujući ove rezultate s rezultatima drugim parametrima u tovu, može se zaključiti da ovako visoki udio proteina animalnog podrijetla u hrani za piliće (40 %) nije neophodan.

Leiber i sur. (2017) te De Marco i sur. (2015) utvrdili su da hrana za tovne piliće, koja sadrži proteine porijeklom od *Hermetia Illucens*, daje slične ili bolje rezultate efikasnosti konverzije u odnosu na proteine soje, te da djelomična zamjena sojine pogače i proteine lucerne ili graška s proteinima *Hermetia illucens* ne utječe na performanse rasta tovnih pilića u odnosu na standardnu hranu za perad. Rezultati konverzije u ovom istraživanju pokazali su slične rezultate. Vrijednosti konverzije opisane u radovima Cullere i sur. (2016), Dabbou i sur. (2018) i Gariglio i sur. (2019) ne upućuju na značajne razlike efikasnosti konverzije tijekom tova bez obzira na vrstu peradi te udio *Hermetia illucens* u tovoj smjesi. S druge strane, Khan i sur. (2018) uočili su prihvatljivije vrijednosti konverzije uvođenjem različitih vrsta kukaca (svilena buba, brašnar i kućna muha) u hranu za perad, kao i Loponte i sur. (2017) uvođenjem različitih udjela *Hermetia illucens* (25 % i 50 %).

Dobiveni rezultati iz ovog istraživanja upućuju na zaključak da se djelomična zamjena proteina soje s udjelom proteina od 15 % porijeklom od brašna ličinki *Hermetia illucens* pokazala optimalnom za prirast pilića tijekom tova, osobito u prvih 10 dana. Udio proteina od 25 % porijeklom od brašna ličinki *Hermetia illucens* također je prihvatljiv i upućuje na dobre priraste tijekom prva tri tjedna tova, dok se udio proteina od 40 % porijeklom od brašna ličinki *Hermetia illucens* nije pokazao učinkovitim. Stoga se može preporučiti zamjena proteina biljnog porijekla s proteinima brašna ličinki *Hermetia illucens* u početnoj krmnoj smjesi (starter) do 25 %, te u porasnoj krmnoj smjesi (grover) do 15 %. Ovakav dodatak proteina animalnog porijekla bio bi i tehnološki opravdan.

Na kraju tova izračunat je proizvodni broj, koji predstavlja ekonomski parametar u proizvodnji pilećeg mesa, budući da uzima u odnos prosječne žive mase na kraju tova te postotak preživljavanja pilića na kraju tova, s obzirom na početni broj pilića i konverziju hrane. Na **Slici 15** prikazan je proizvodni broj za sve ispitivane skupine. Iz prikaza je vidljivo kako je proizvodni broj za kontrolnu skupinu (K), te P1 i P2 pokusne skupine ujednačen (361; 362 i 358), dok je kod pokusne skupine P3 nešto manji (329). Na vrijednosti proizvodnog broja utjecaj mogu imati sadržaj proteina i energije u smjesama, no s obzirom da su spomenuti parametri u smjesama korištenim tijekom tova pilića u ovom istraživanju bili uravnoteženi, može se pretpostaviti da je utjecaj na smanjenje proizvodnog broja u P3 pokusnoj skupini imao udio masti u smjesi (starter, grover i finišer), koji je u ovoj skupini bio manji u odnosu na ostale pokusne skupine.

U **Tablicama 34 i 35** prikazane su mase trupova za sve pokusne te kontrolnu skupinu, kao i mase te udjeli osnovnih dijelova trupa mjereni neposredno nakon klanja pilića.

Ukupni randman, prikazan u **Tablici 35**, pokazuje statistički značajnu razliku kod sve tri pokusne skupine u odnosu na kontrolnu skupinu, što ukazuje na povoljan učinak zamjene proteina biljnog porijekla proteinima animalnog porijekla. Dobiveni rezultati u skladu su s rezultatima istraživanja koja su proveli Leiber i sur. (2017) te De Marco i sur. (2015). Randman mišića prsa, kao najpoželjnijeg dijela mesa pilića, također pokazuje statistički značajnu razliku u odnosu na kontrolnu skupinu, odnosno, povoljan učinak zamjene proteina biljnog porijekla proteinima animalnog porijekla. Udio mišića prsa proizvedenih na ovakav način čini preko 40 % udjela, u odnosu na ukupni randman, što predstavlja značajno bolji proizvodni rezultat u usporedbi sa randmanom mišića prsa proizvedenih u standardnom tovu (Kralik i sur., 1996; Kralik i sur., 2007; **Tablica 13**), kao i proizvodnim parametrima opisanima u standardu hibrida Ross 308 (Ross308 Performance Objective, 2014; **Tablica 14**). Randman bataka i zabatka kod sve tri pokusne skupine također pokazuje statistički značajne razlike ($p < 0,05$) u odnosu na kontrolnu skupinu. Dobivene vrijednosti su niže u odnosu na kontrolnu skupinu, što je i razumljivo obzirom na povećanje udjela u mišiću prsa. Randman krila ne pokazuje statistički značajnu razliku ($p > 0,05$) u odnosu na kontrolnu skupinu, ali pokazuje nešto niže vrijednosti u odnosu na one opisane u literaturi. Vrijednosti za abdominalno masno tkivo su statistički značajne ($p < 0,05$) za P1 i P2 pokusne skupine, odnosno niže u usporedbi s kontrolnom skupinom, što govori o dobroj iskoristivosti hrane i metaboliziranju hranjivih tvari u visoko poželjne mišiće prsa, a ne u manje poželjno abdominalno masno tkivo.

U **Tablicama 36 i 37** prikazani su relativni udjeli tkiva u mišićima prsa te u batku sa zabatkom. Udio mišićnog tkiva prsa značajno je veći kod sve tri pokusne skupine u odnosu na kontrolnu skupinu, dok je udio kosti značajno niži i pokazao je statistički značajnu razliku ($p < 0,05$) kod pokusnih skupina P1 i P3 u odnosu na kontrolnu skupinu. Udjeli mišićnog tkiva batka i zabatka također su statistički značajno veći kod pokusne skupine P1 i P2, te su obrnuto proporcionalni u odnosu na udio masnog tkiva u batku sa zabatkom. Vidljivo je da je i relativni udio mišićnog tkiva prsa veći u usporedbi s udjelom mišićnog tkiva bataka i zabataka, dok je udio kosti u prsnom dijelu kod pokusnih skupina manji u odnosu na kontrolnu skupinu. Budući da u radovima koji su do sada objavljeni, a koji su se bavili ispitivanjem utjecaja zamjene dijela proteina biljnog porijekla s proteinima animalnog porijekla (Onsongo, 2017; Cullere i sur., 2016; Cullere i sur., 2018; Onsogno i sur., 2018; Dabbou i sur., 2018; Garigglio i sur., 2019) nisu prikazani rezultati relativnih udjela tkiva za mišiće, kao ni randmani pojedinih dijelova trupa, dobiveni rezultati iz ovog istraživanja uspoređeni su samo s rezultatima koji su dobiveni u uvjetima standardnog tova, te su razlike računane u odnosu na te vrijednosti. Dobivene razlike

u pogledu povećanja mase prsnog mišića, kao najpoželjnije kategorije mesa, mogu se povezati sa promjenom u recepturama za krmne smjese, odnosno aminokiselinskim sastavom *Hermetia illucens* (Tablica 28). Dehidrirano odmašćeno brašno ličinki *Hermetia illucens* korišteno u ovom istraživanju bogato je nekim esencijalnim aminokiselinama (leucin, izoleucin, valin, lizin) u koncentracijama od 3,32 % do 2,29 %, te neesencijalnim aminokiselinama (glutaminska i asparaginska kiselina, alanin, tirozin, glicin, arginin, serin) u koncentracijama od 4,16 % do 2,11 %. Može se pretpostaviti da ovakav aminokiselinski sastav doprinosi sintezi proteina, odnosno izgradnji prvenstveno mišića prsa, a zatim i bataka sa zabatkom.

5.2. UTJECAJ ZAMJENE DIJELA PROTEINSKE KOMPONENTE NA TEHNOLOŠKE POKAZATELJE MESA PILIĆA

U Tablici 38 prikazani su pokazatelji tehnološke kvalitete mišićnog tkiva prsa i zabataka. Statistički značajna razlika ($p < 0,05$) uočena je za vrijednosti otpuštanja mesnog soka izmjenog 24 h nakon uzorkovanja kod P1 pokusne skupine (1,65 %), te za vrijednosti kala kuhanja (19,90 %) i otpornosti mišića na presijecanje (31,49 %). Rezultati dobiveni za pokazatelj otpuštanja mesnog soka, izmjereni 24 i 48 sati nakon klanja, u skladu su sa eksperimentalnim vrijednostima Kralik i sur. (2013) za ovaj hibrid. Poznato je da mišići sadrže oko 75% vode, pri čemu je dio te vode čvrsto vezan uz mišićne proteina, a dio se nalazi u mišiću kao imobilizirana voda. Vezani dio vode je manji i na njega ne utječu promjene poput termičke obrade ili prestanak *rigor mortisa*, dok na imobiliziranu vodu ove promjene imaju utjecaja. Uslijed promjena u strukturi mišićne stanice, odnosno pretvorbe mišića u meso nakon klanja, u tkivu se nakuplja mliječna kiselina uzrokujući pad pH vrijednosti u mesu. Stoga su i dobivene vrijednosti pH mjerene nakon 24 sata niže od vrijednosti dobivenih mjerenjem nakon 48 sati, te u skladu s opisanim biokemijskim procesima. Vrijednost pH mišića prvenstveno se odnosi na biokemijsko stanje mišića u vrijeme klanja i razvoj *rigor mortisa*. Fletcher (2002) ističe kako pH mišića utječe na sposobnost vezanja vode iz proteina i stoga direktno utječe na fizikalnu strukturu mesa i njegova svojstva (Briskey, 1964). Općenito, pH mišića je ključni čimbenik koji utječe na kvalitetu mesa te se odražava i na ostale tehnološke pokazatelje. Meso, čije su pH vrijednosti blizu izoelektrične točke (5,2 – 5,5) proteina koje ih tvore, pokazuje niže vrijednosti za kapacitet zadržavanja vode te veće vrijednosti za kalo kuhanja. Allen i sur. (1998) su također ustanovili da se niski pH mesa peradi može dovesti u vezu s niskim kapacitetom zadržavanja vode, koje rezultira povećanjem kala kuhanja te otpuštanju mesnog soka. Rezultate istraživanja za otpuštanje mesnog soka, kalo kuhanja i otpornost mišića na presijecanje dobivene ovim istraživanjem, moguće je usprediti jedino s rezultatima koje su odredili Cullere

i sur. (2016), obzirom na utjecaj promjene u hranidbenom režimu uslijed djelomične zamjene proteinske komponente biljnog porijekla komponentom animalnog porijekla. Njihovim istraživanjem je utvrđeno da je meso prsa japanskih prepelica hranjenih djelomičnom zamjenom proteinske komponente porijeklom od odmašćenog brašna crne vojničke muhe, s udjelom od 15 % u krmnoj smjesi, pokazalo nižu vrijednost za pH (5,67), te kako je bliže izoelektričnoj točki, rezultiralo je nižim vrijednostima za kapacitet zadržavanja vode, odnosno većim vrijednostima za kalo kuhanja. Unatoč tome, konačna kvaliteta mesa nije pokazala promjene u vrijednostima za otpornost mišića na presijecanje, što znači da se nije odrazila na nježnost mesa. U dosadašnjim istraživanjima ustanovljeno je da meso peradi s nižim pH vrijednostima ima i manju nježnost, odnosno otpornost mišića na presijecanje (Froning i sur., 1978; Barbut, 1993). Kako je u ovom istraživanju izmjereni pH iznosio od 5,96 do 6,06 za sve tri pokusne skupine (**Tablica 39**), pri čemu rezultati izmjereni za otpornost mišića na presjecanje pokazuju statistički značajnu razliku za P1 i P3 pokusne skupine, koje su niže u odnosu na vrijednosti kontrolne skupine, utvrđeno je da meso pokusnih skupina pokazuje manju otpornost mišića na presijecanje, odnosno veću nježnost. I kod P2 pokusne skupine vrijednost ovog pokazatelja je niža od vrijednosti kontrolne skupine ($p > 0,05$). Može se zaključiti da je u pogledu ovog tehnološkog pokazatelja zamjena proteina soje s proteinima porijeklom od *Hermetia illucens* imala pozitivan učinak (Gross-Bošković et al, 2024).

Vrijednosti dobivene za tehnološki pokazatelj sposobnost vezanja vode za sve tri pokusne skupine nisu pokazale statistički značajne razlike u odnosu na kontrolnu skupinu (**Tablica 38**). U dosadašnjim istraživanjima ustanovljeno je da na sposobnost vezanja vode može utjecati hranidba životinja (Karolyi, 2004; Žilić i sur.; 2016). Dobiveni rezultati, stoga, upućuju na zaključak da se djelomična zamjena proteina soje zamjenom proteinima porijeklom od odmašćenog dehidriranog brašna ličinki *Hermetia illucens*, nije negativno odrazila na sposobnost vezanja vode i otpuštanje mesnog soka mesa pilića (Gross-Bošković et al, 2024).

Statistički značajna razlika uočena je za vrijednost pokazatelja kalo kuhanja za P1 pokusnu skupinu, koja je prilikom analize pokazala značajno nižu vrijednost u odnosu na kontrolnu skupinu te P2 i P3 pokusne skupine. Obzirom na promjenu u sastavu krmne smjese uočava se da je u pogledu ovog pokazatelja došlo do značajnog utjecaja na sastav mišićnog tkiva. Ova promjena vidljiva je i iz pokazatelja otpornosti mišića na presjecanje, čija je vrijednost također statistički značajno različita u odnosu na kontrolnu skupinu, što upućuje da je meso dobiveno u pokusnoj skupini P1 bilo nježnije. Ovaj rezultat nije u skladu s rezultatima istraživanja Cullere i sur. (2016), koji su ustanovili da su vrijednosti kala kuhanja bile statistički značajno veće kod

pokusne skupine hranjene sa zamjenom od 15 % odmašćenog brašna ličinki *Hermetia illucens* u krmnoj smjesi u odnosu na pokusnu skupinu hranjenu sa zamjenom proteina u udjelu od 10% odmašćenog brašna ličinki *Hermetia illucens* u krmnoj smjesi.

U **Tablici 39** prikazane su vrijednosti pH za mišiće prsa i zabataka. Iz rezultata je vidljivo da nema statistički značajne razlike u pH₁ i pH₂ vrijednostima između ispitivanih skupina ($P > 0,05$) niti za mišiće prsa, a niti za zabatke. Utvrđene vrijednosti pH₂ za mišiće prsa ($K = 5,94$; $P1 = 6,00$; $P2 = 5,96$; $P3 = 6,06$) i zabatke ($K = 6,31$; $P1 = 6,25$; $P2 = 6,21$; $P3 = 6,20$) u skladu su s rezultatima opisanima u literaturi za hibrid Ross 308 (Qiao i sur., 2002; Honikel i sur.; 1981; Davis i sur., 1974). Cullere i sur. (2016) određivali su pH mesa kod japanskih prepelica uvođenjem djelomične zamjene proteinske komponente porijeklom od odmašćenog brašna crne vojničke muhe, u udjelima od 10 % i 15 % , pri čemu su ustanovili da, iako su se rezultati za pH vrijednosti pokusnih skupina (5,68; 5,67) statistički značajno razlikovali ($P < 0,001$) u odnosu na kontrolnu skupinu (5,76), ipak su se kretali u rasponu uobičajenih pH vrijednosti za meso japanskih prepelica. U novijem istraživanju Cullere i sur. (2019) autori su načinili zamjenu sojinog ulja s masnoćom porijeklom od ličinki crne vojničke muhe u udjelima od 50 % i 100 %, pri čemu vrijednosti pH prsa nisu bile statistički značajne i iznosile su 6,32, odnosno 6,30, dok je pH bataka iznosio 6,41 za obje pokusne skupine. Rezultati za pH vrijednost mesa u ovom istraživanju upućuju da se djelomična zamjena proteina porijeklom od soje proteinima porijeklom od *Hermetia illucens* nije negativno odrazila na pH svježeg mesa pilića.

Nadalje, prethodno opisane pokazatelje potrebno je prilikom tumačenja povezati s vrijednostima za boju mišića prsa, odnosno zabataka, koji su prikazani u **Tablici 40**. Kod mišića prsa statistički značajne razlike ($p < 0,05$) pokazale su vrijednosti L* kod P3 pokusne skupine (52,48), koja je niža od vrijednosti u kontrolnoj skupini (55,63), te vrijednosti za b* kod P2 (6,77) i P3 (6,25) pokusne skupine. Vrijednosti za a* nisu pokazale statistički značajnu razliku niti za jednu pokusnu skupinu ($p > 0,05$). Također, statistički značajna razlika nije uočena niti kod bataka i zabataka niti za jednu izmjerenu vrijednost svojstva boje po svim pokusnim skupinama ($p > 0,05$). Dobivene vrijednosti L* parametra za mišiće prsa kreću se u rasponu od 52,48 (P3) do 55,31 (P2), a za mišiće zabatka od 50,98 (P1) do 53,29 (P2). S obzirom na referentne vrijednosti prema CIE L*a*b* standardu za boju, rezultati ovog istraživanja mišićnog tkiva mogu se opisati kao normalne do malo svjetlije od normalne.

Budući da se pH vrijednost mesa prsa i zabataka kreće oko 6,00 (**Tablica 39**), može se zaključiti da su rezultati vrijednosti za boju u skladu sa do sada provedenim istraživanjima (Barbut, 1993; Boulianne i King, 1995 i 1998; Allen i sur., 1997; Fletcher, 1999; Fletcher i sur., 2000). Veća

vrijednost pH povezuje se sa tamnijim mesom, dok se niža vrijednost pH povezuje sa svijetlijim mesom. Obje vrijednosti ukazuju na promjene u funkcionalnim svojstvima mesa ili se smatraju čimbenicima koji doprinose varijacijama u proizvodu. Le Bihan-Duval i sur. (1999) ustanovili su da meso prsa pilića ima prosječnu pH vrijednost od 5,77 i prosječni L* od 50,7. Lonergan i sur. (2003) izmjerili su prosječnu pH vrijednosti mesa prsa kod pilića od 5,82 te prosječnu vrijednost za L* od 43,34. Kralik i sur. (2006.) ispitivali su boju i pH mesa pilića za roštilj na domaćem tržištu te ustanovili da se vrijednosti pH mesa mišića prsa kreću od 5,92 do 6,16, pri čemu je L* vrijednost iznosila od 50,88 do 54,34, dok se pH vrijednost za zabatke kretala od 6,05 do 6,36. Pri tome su vrijednosti za L* iznosile od 51,97 do 52,79. Sukladno CIE L*a*b* standardu, vrijednosti za a* i b* se kreću u rasponu od -120 do +120, s tim da se vrijednost a* kreće od zelene, ako je negativna, do crvene, ako je pozitivna, dok se vrijednost b* kreće od plave, ukoliko je negativna, do žute, ukoliko je pozitivna (Papadakis i sur., 2000; Yam i Papadakis, 2004). U novijim istraživanjima, vezanima za promjenu krmne smjese uvođenjem proteina *Hermetia illucens*, Cullere i sur. (2016) su ustanovili da je ukupni pH izmjeren za mišiće prsa bio najniži (5,67) pri udjelu proteina od 15 % porijeklom od odmašćenog brašna ličinki *Hermetia illucens*. Vrijednosti za a* bile su statistički značajano različite u odnosu na kontrolnu skupinu, uz najnižu vrijednost (0,46), dok su vrijednosti za L* bile ujednačene i kretale su se od 54,4 do 55,1. Kako je u dosadašnjim istraživanjima ustanovljeno je da na boju mišića može utjecati hranidba, odnosno sastav smjese (Mugler i sur., 1972; Allen i sur., 1978; Smith i sur., 2002; Qiao i sur., 2002; Cullere i sur., 2016), te budući da je zadatak ovog istraživanja bio utvrditi eventualne razlike i odstupanja u proizvodnim i tehnološkim pokazateljima mesa pilića, dobiveni rezultati upućuju na zaključak da djelomična zamjena proteina soje proteinima porijeklom od ličinki *Hermetia illucens* nije rezultirala negativnim učinkom na boju mesa (Gross-Bošković et al, 2024).

5.3. UTJECAJ ZAMJENE DIJELA PROTEINSKE KOMPONENTE NA KEMIJSKA SVOJSTVA MESA PILIĆA

U svrhu procjene utjecaja zamjene dijela proteina biljnog porijekla sa proteinima porijeklom od odmašćenog brašna ličinki *Hermetia illucens* na kemijska svojstva mesa pilića (udio vode, proteina, masti, pepela i kolagena) provedene su analize na uzorcima mišića prsa te bataka i zabataka po završetku tova pilića, a rezultati su prikazani u **Tablicama 41 - 42**.

U **Tablici 41** prikazani su rezultati kemijskih svojstava pilećeg mesa prsa. Statistički značajna razlika ($p < 0,05$) uočena je za udio vode između pokusnih skupina P1 (76,33 %) i P2 (75,04 %)

te za udio proteina između pokusnih skupina P1 (20,15 %) i P2 (21,49 %), te P1 (20,15 %) i P3 (21,41 %), međutim, statistički značajna razlika nije uočena između kontrolne skupine i pokusne skupine P1. Za udio masti, pepela i kolagena niti za jednu pokusnu skupinu nije uočena statistički značajna razlika u odnosu na kontrolnu skupinu.

U **Tablici 42** prikazani su rezultati kemijskih svojstava pilećeg mesa za batak i zabatak. Statistički značajna razlika ($p < 0,05$) uočena je za udio proteina za pokusnu skupinu P1 (17,22 %) u odnosu na kontrolnu skupinu (18,89 %) te preostale dvije pokusne skupine – P2 (18,73 %) i P3 (18,09 %), kao i za udio pepela između P2 (0,98 %) i P3 (1,04 %) pokusne skupine.

U dosadašnjim istraživanjima kvalitete mesa pilića utvrđeno je da na kemijski sastav utječe genetska predispozicija, hibrid, način držanja odnosno uzgoja pilića, hranidba, te kratkotrajni *post – mortem* stres (Fremery, 1966; Acton, 1973; Evans i sur., 1976; Cunningham i sur., 1977; Farrell, 1991; Smith i sur., 1993; Xiong i sur., 1993; Qiao i sur., 2002). Xiong i sur. (1993) su ustanovili da se za različite hibride udio proteina kod bijelog mesa kreće od 20,7 do 23,6 %, vode od 74,6 % do 75,9 %, a masti od 1 do 2 %. Kod tamnog mesa vrijednosti su nešto drugačije te se udio proteina kretao od 18,1 do 21,3 %, vode od 72,8 do 73,8 %, a masti od 5,0 do 7,2 %.

Usporedbom podataka iz ovog istraživanja s dostupnim literaturnim podacima uočljivo je da promjene u sastavu smjese nisu dovele do značajnih odstupanja kod pokusnih skupina hranjenih različitim udjelima *Hermetia illucens* kod vrijednosti udjela vode, proteina, kolagena te masti za meso prsa, a niti za meso mišića bataka i zabataka, u odnosu na pokazatelje kvalitete opisane u dosadašnjim istraživanjima (Gross-Bošković et al, 2024).

Kvalitetu mesa prsa i mesa mišića bataka i zabataka za piliće hibrida Ross 308 tovljenih na konvencionalan način ispitali su Kralik i sur. (2001). Ustanovili su da je procječni udio vode za meso prsa 74,01 %, proteina 24,15 %, masti 0,62 % te pepela 1,22 %. Vrijednosti kemijskih parametara za meso bataka i zabataka su nešto drugačije te je udio vode prosječno iznosio 74,56 %, udio proteina 20,96 %, masti 3,29 % te pepela 1,19 %. Dobivene vrijednosti razlikuju se od vrijednosti dobivenih ovim istraživanjem, no važno je naglasiti da su autori proveli tov pilića samo sa dvije tovne smjese – starter smjesom, koja je sadržavala 21,6 % proteina i kojom su pilići bili hranjeni od 1. do 28. dana tova, te finišer smjesom, koja je sadržavala 18,3 % proteina, a kojom su pilići bili hranjeni od 29. do 42. dana tova. Iz tog razloga postignuti su i veći udjeli proteina, te manji udjeli masti, u mesu pilića. Ovakav način tova razlikuje se od preporuka proizvođača za ovaj hibrid, međutim, proveden je kako bi se ispitala mogućnost proizvodnje

pilića s većim udjelom proteina i manjim udjelom masti. Dobiveni rezultati još jednom potvrđuju da hranidba ima značajan utjecaj na sastav i kvalitetu mesa pilića.

Xiong i sur. (1992) su ispitali razlike u kemijskom sastavu mesa mišića prsa te zabataka osam različitih genetskih linija iz komercijalnog uzgoja hranjenih također komercijalnim smjesama na bazi kukuruza i soje te držanih u tovu osam tjedana. Udio proteina u mesu mišića prsa kretao se od 20,7 % do 23,6 %, vode od 74,6 % do 75,9 % te masti od 1 % do 2 %. Za meso zabataka ove vrijednosti su se razlikovale na način da je udio proteina bio manji, od 18,1 % do 21,3 %. Udio vode također je bio manji, od 72,8 % do 73,8 %, međutim, udio masti je bio veći, od 5 % do 7,2 %. Rezultati kemijskih parametara iz ovog istraživanja za udio proteina (17,22 % - 18,73 %) i masti (5,36 % - 7,08 %) u mesu bataka sa zabatcima (**Tablica 42**) u skladu su s rezultatima Xiong i sur. (1992.). Također, vrijednosti za udio proteina u mesu mišića prsa (20,15 % - 21,49 %), te vode (75,04 % - 76,33 %) ne razlikuju se značajno. Nešto veće vrijednosti za udio masti u mesu mišića prsa (2,11 % - 2,33 %) mogu se protumačiti nešto većim udjelom masti koju sadrži *Hermetia illucens*. Međutim, značajne razlike u pogledu kemijskih parametara kvalitete između rezultata Xiong i sur. (1992) te rezultata iz ovog istraživanja, unatoč zamjeni dijela proteina soje s proteinima *Hermetia illucens*, općenito nisu uočene.

Cullere i sur. (2018) ispitali su utjecaj djelomične zamjene proteina soje odmašćenim brašnom *Hermetia illucens* u udjelima od 10 % i 15 % na kemijske parametre mesa jarebica te su ustanovili da nije bilo značajnog utjecaja, odnosno promjene, na promatranim parametrima u odnosu na kontrolnu skupinu, kao niti između pokusnih skupina. Ostali istraživači (Loponte i sur., 2017; Dabbou i sur., 2018; Gariglio i sur., 2019) koji su ispitali učinak zamjene proteina soje proteinima *Hermetia illucens* nisu proveli ispitivanja na pokazateljima koji određuju kemijsku kvalitetu mesa, čime u pogledu toga nije moguće načiniti usporedbu s rezultatima ovog istraživanja.

Međutim, vrijednosti koje definiraju kemijske parametre mesa pilića (udio vode, proteina, masti i pepela) mogu se staviti u odnos sa određenim tehnološkim parametrima, kao što su boja mesa i pH, kako bi se ustanovile razlike u kvaliteti mesa, odnosno utvrdila kvaliteta mesa koje je namijenjeno za daljnu preradu. Qiao i sur. (2002-) ispitali su ovu korelaciju na prsnim mišićima porijeklom od tri različita proizvođača (**Tablica 18**). Ustanovili su kako je udio proteina bio značajno niži (22,44 %) za svijetlo meso u odnosu na tamno meso (22,96 %, odnosno 23,27 %), međutim nije bilo značajne razlike u odnosu na udio masti i pepela. Prosječne vrijednosti za pH kod normalnog, odnosno svjetlog mesa, kretale su se između 5,95 do 5,82, dok su za tamno meso iznosile 6,23. L* vrijednosti za normalno, za svijetlo meso, te za tamno meso bile

su u skladu sa vrijednostima koje su opisane u ranijim istraživanjima istih autora (Qiao i sur., 2002). Slične rezultate opisali su Flecher i sur. (2000). L^* vrijednosti dobivene u sve tri pokusne skupine ovog istraživanja, u usporedbi sa rezultatima istraživanja Qiao i sur. (2002), upućuju da se meso mišića prsa može svrstati u kategoriju svijetlog mesa, a što je u skladu i sa vrijednostima pH te L^* vrijednosti boje. Usporedbom rezultata s kontrolnom skupinom iz ovog istraživanja, te s rezultatima ostalih autora, može se zaključiti da djelomična zamjena proteina soje proteinima *Hermetia illucens* nije imala negativan učinak na kemijske parametre kvalitete mesa pilića niti u jednoj pokusnoj skupini.

U uzorcima pilećeg mesa prsa te bataka sa zabatkom analizom je utvrđen profil 43 masne kiseline, koji je prikazan u **Tablicama 43 – 44**.

U uzorcima pilećeg mesa prsa (**Tablica 43**) masne kiseline kod kojih nije uočena statistički značajna razlika ($p > 0,05$) su kaprilna kiselina (C8:0), pentadekanska kiselina (C15:0), *cis*-11-eikozenska kiselina (C20:1n-9), eikozadienska kiselina (C20:2n-6) i eikozatrienska kiselina (C20:3n-6). Statistički značajne razlike ($p < 0,05$) utvrđene su za sve zasićene masne kiseline (SFA) u P3 pokusnoj skupini u odnosu na kontrolnu skupinu te P1 i P2 pokusnu skupinu. Nadalje, statistički značajne razlike utvrđene su za laurinsku (C12:0) i miristinsku (C14:0) kiselinu za sve pokusne skupine. Za palmitinsku kiselinu (C16:0) značajna razlika utvrđena je za P3 pokusnu skupinu u odnosu na sve ostale skupine, te za P2 pokusnu skupinu u odnosu na kontrolnu skupinu. Za heptadekansku kiselinu (C17:0) značajna razlika utvrđena je za P1 pokusnu skupinu u odnosu na kontrolnu skupinu te za P3 pokusnu skupinu, dok je za stearinsku kiselinu (C18:0) značajna razlika ustanovljena između P1 i P2 pokusne skupine te između P1 i P3 pokusne skupine.

Dokazano je da upravo masne kiseline s parnim brojem C-atoma (laurinska, miristinska i palmitinska) povećavaju koncentraciju ukupnog i LDL kolesterola kao i da pospješuju ne samo koagulaciju već i upalne procese te inzulinsku rezistenciju (Calder, 2015.). Činjenica da stearinska kiselina ima manje izraženo navedeno negativno djelovanje, danas aktualizira razmišljanja da općenitu preporuku o smanjenom unosu zasićenih masnih kiselina treba fokusirati više na pojedinačne masne kiseline, a ne ih uopćeno sagledavati po skupinama (Barbir i sur., 2014; Lešić i sur., 2017).

Za mononezasićene masne kiseline (MUFA) statistički značajna razlika ustanovljena je za P1 pokusnu skupinu u odnosu na ostale pokusne te kontrolnu skupinu, isto kao i za P3 pokusnu skupinu. Pojedinačno analizirano, značajne razlike su utvrđene za miristoleinsku kiselinu (C14:1)

za P2 pokusnu skupinu u odnosu na ostale skupine, te za P3 pokusnu skupinu u odnosu na ostale pokusne skupine. Za palmitoleinsku kiselinu (C16:1n7t) značajna razlika utvrđena je za P2 pokusnu skupinu u odnosu na P1 i P3 pokusne skupine, dok je za palmitoleinsku (C16:1n7c) kiselinu značajna razlika utvrđena za P2 i P3 pokusne skupine u odnosu na ostale skupine. Za eladičnu kiselinu (C18:1n9t) značajna razlika utvrđena je za P3 pokusnu skupinu u odnosu na sve druge skupine, slično kao i za oleinsku kiselinu (C18:1n9c), kod koje je značajna razlika utvrđena za P1 pokusnu skupinu u odnosu na ostale skupine. Za vakkensku kiselinu (C18:1n7) značajna razlika utvrđena je za P2 i P3 pokusne skupine u odnosu na druge pokusne skupine.

Kod polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) značajna razlika utvrđena je za P1 i P3 pokusne skupine u odnosu na ostale skupine. Pojedinačno promatrano, četiri su masne kiseline pokazale razlike u pogledu statističke značajnosti: linolna kiselina (C18:2n6c) za P3 pokusnu skupinu u odnosu na ostale skupine te P2 pokusna skupina u odnosu na kontrolu; γ -linolenska kiselina (C18:3n6) za P1 i P2 pokusnu skupinu; α -linolenska kiselina (C18:3n3) za P1 i P3 pokusne skupine; arahidonska kiselina (C20:4n6) za P1 pokusnu skupinu u odnosu na kontrolu i P2 pokusnu skupinu.

U uzorcima pilećih prsa utvrđena je statistički značajna razlika u masnokiselinskom sastavu, i to za sve tri skupine masnih kiselina: SFA, MUFA i PUFA. Kada govorimo o pojedinim masnim kiselinama, značajna razlika među skupinama pilećih prsa je utvrđena za ukupno 15 masnih kiselina, dok se za 5 masnih kiselina (C8:0, C15:0, C20:1n9, C20:2n6, C20:3n6) pokazalo da ne postoji statistički značajna razlika.

Udio SFA bio je najveći u skupini P3 (C12:0, C14:0, C16:0), a najmanji u kontrolnoj skupini (C12:0, C14:0, C16:0). Udjeli C17:0 i C18:0 masnih kiselina bili su najveći za skupinu P1. Udio MUFA je najveći za skupinu P3 (C14:1, C16:1n7c, C18:1n9t, C18:1n7), a najmanji za skupinu P1 (C18:1n9c). Udio PUFA je najmanji za skupinu P3 (C18:2n6c, C18:3n3). Skupina P2 ima najmanji udio PUFA nakon skupine P3, razlikujući se od svih ostalih skupina.

Omjeri PUFA/SFA i n-6/n-3 su parametri koji se najčešće koriste za procjenu nutritivne kvalitete masti (Lešić i sur., 2017). Preporuke zdravstvenih stručnjaka upućuju da omjer n6/n-3 ne bi trebao prelaziti vrijednost 4, a omjer PUFA/SFA bi trebao biti veći od vrijednosti 0,4 kako bi se smanjio rizik od razvoja kardiovaskularnih, autoimunih te drugih kroničnih bolesti (Simopoulos, 2002). Istraživanja ukazuju da trenutno u prehrani stanovništva zapadnih zemalja omjer n-6/n-3 iznosi oko 15-20 i više (Cordain i sur., 2005), te da je prekomjeran unos zasićenih masnih kiselina i povećani omjer višestruknezasićenih masnih kiselina iz skupine n-6 (n-6/n-

3) povezan s konzumacijom masti animalnog porijekla. U **Tablici 43** prikazane su vrijednosti za n-6 i n-3 masne kiseline te omjeri n-6/n-3 i PUFA/SFA za uzorke pilećih prsa. Obzirom na iskazane vrijednosti za n-6 i n-3 masne kiseline, utvrđeno je da postoji značajna razlika za odnos n-6/n-3 masnih kiselina između kontrolne skupine i svih pokusnih skupina te da vrijednost omjera n-6/n-3 za kontrolnu skupinu više od 10 puta ($40,61 \pm 7,19$) prelazi vrijednost (4) koju preporučuju zdravstveni stručnjaci. Istovremeno, vrijednosti ovog odnosa za pokusne skupine su gotovo dvostruko niže (od $22,68 \pm 6,48$ za P1, $25,44 \pm 6,31$ za P2, do $35,18 \pm 19,05$ za P3). Također se uočava da ovaj odnos raste s povećanjem udjela *Hermetia illucens* u krmnoj smjesi. Nepovoljni omjeri odnosa n-6/n-3 masnih kiselina s obzirom na na zdravstvene preporuke dobiveni su i u istraživanjima različitih vrsta mesnih proizvoda (Marušić Radovčić i sur., 2014; Pleadin i sur., 2014; Pleadin i sur., 2017) koje autori tumače kao posljedicu vrlo niskih vrijednosti n-3 masnih kiselina općenito prisutnih u proizvodima od mesa.

Kod omjera PUFA/SFA utvrđen je povoljan omjer za kontrolnu skupinu ($0,63 \pm 0,13$) te opadanje vrijednosti obzirom na udio *Hermetia illucens*, od 0,49 za P1, do 0,16 za P3. Jedino za P3 pokusnu skupinu nije dobiven omjer u skladu sa zdravstvenim preporukama ($>0,4$). Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da se zamjena dijela proteina porijeklom od soje zamjenom proteina porijeklom od *Hermetia illucens* pozitivno odrazila na odnos PUFA/SFA na pileće meso prsa u pokusnim skupinama P1 i P2, dok odnosi n-6/n-3 općenito nisu povoljni, ali su svakako povoljniji u odnosu na kontrolnu skupinu. Međutim, iako je omjer PUFA/SFA jedan od najčešće korištenih pokazatelja kvalitete masti, smatra se da je njegov nedostatak taj što se temelji samo na kemijskoj strukturi masnih kiselina i pretpostavci da sve zasićene masne kiseline imaju jednak učinak u organizmu, odnosno doprinose povećanju kolesterola u krvi, ne uzimajući u obzir učinak mononezasićenih masnih kiselina (Lešić i sur., 2017).

U uzorcima bataka i zabataka (**Tablica 44**), masne kiseline kod kojih nije uočena statistička značajna razlika ($p > 0,05$) su kaprilna kiselina (C8:0), pentadekanska kiselina (C15:0), heptadekanska kiselina (C17:0), stearinska kiselina (C18:0), palmitoleinska kiselina (C16:1n7t) i *cis*-10-heptadekanska kiselina (C17:1).

Po pitanju zasićenih masnih kiselina (SFA) u uzorcima bataka i zabataka značajna razlika utvrđena je za laurinsku (C12:0) i miristinsku (C14:0) kiselinu za sve pokusne skupine, dok je za palmitinsku kiselinu (C16:0) značajna razlika utvrđena za P2 i P3 pokusne skupine u odnosu na ostale skupine.

Za mononezasićene masne kiseline (MUFA) značajna razlika utvrđena je za sve pokusne skupine. Jednako je utvrđeno i za miristoleinsku kiselinu (C14:1). Za palmitoleinsku kiselinu (C16:1n-7c) značajna razlika utvrđena je za P3 pokusnu skupinu u odnosu na ostale skupine, te za P2 pokusnu skupinu u odnosu na kontrolnu skupinu. Nadalje, za elaidičnu kiselinu (C18:1n-9t) značajna razlika utvrđena je za P3 pokusnu skupinu u odnosu na kontrolnu skupinu, te za P2 pokusnu skupinu. Za oleinsku kiselinu (C18:1n-9c) značajna razlika utvrđena je za P2 pokusnu skupinu u odnosu na kontrolnu skupinu i P1 pokusnu skupinu, te za P3 pokusnu skupinu, također u odnosu na kontrolnu skupinu i P1 pokusnu skupinu. Za vakcensku kiselinu (C18:1n-7) značajna razlika utvrđena je za P2 pokusnu skupinu u odnosu na kontrolnu skupinu ta za P3 pokusnu skupinu u odnosu na sve ostale skupine. Po pitanju *cis*-11-eikozenske kiseline (C20:1n-9) značajna razlika utvrđena je za kontrolnu skupinu i za P3 pokusnu skupinu.

Kod polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) za batak i zabatak značajna razlika utvrđena je za sve pokusne skupine. U **Tablici 44** prikazane su vrijednosti za n-6 i n-3 masne kiseline te omjeri n-6/n-3 i PUFA/SFA za uzorke pilećih bataka i zabataka za sve pokusne skupine, kao i kontrolnu skupinu. Obzirom na iskazane vrijednosti, uočljivo je da sve značajno prelaze vrijednost preporučenu od zdravstvenih stručnjaka, s tim da su vrijednosti dobivene za P1 i P2 pokusne skupine više u odnosu na vrijednosti za iste pokusne skupine za meso prsa. Promatrajući odnos n-6/n-3 između kontrolne skupine i svih pokusnih skupina utvrđeno je da vrijednost omjera n-6/n-3 za kontrolnu skupinu, kao i kod prsa, prelazi vrijednost koju preporučuju zdravstveni stručnjaci (4) gotovo 10 puta ($39,86 \pm 2,17$), dok su vrijednosti ovog odnosa za pokusne skupine nešto niže i kreću se od $32,90 \pm 2,46$ za P1, $34,06 \pm 1,70$ za P2, do $33,07 \pm 3,79$ za P3. Nije uočeno da ovaj odnos raste s povećanjem udjela *Hermetia illucens* u krmnoj smjesi. Omjer PUFA/SFA kod bataka i zabataka pokazuje isti trend kao i kod bijelog mesa. Naime, najveći je, za kontrolnu skupinu (1,01), dok je najmanji za P3 pokusnu skupinu (0,27).

Dosadašnja istraživanja masnokiselinskog sastava mesa pilića prsa te bataka i zabataka koja su se odnosila na uvjete standardnog tova pilića pokazala su da bijelo meso pilića sadrži više zasićenih (SFA) i polinezasićenih omega 3 (PUFA n-3) masnih kiselina od tamnog mesa pilića (bataka i zabataka). Međutim, tamno meso pilića bogatije je mastima te sadrži više polinezasićenih omega 6 (PUFA n-6) masnih kiselina. Odnos PUFA n-6 / PUFA n-3 u bijelom mesu bio je 3,11, a u tamnom mesu 4,43 (Kralik i sur., 2011).

Razmatranjem rezultata pojedinačnih masnih kiselina za batak i zabatak, statistički značajna razlika utvrđena je kod P2 i P3 pokusne skupine za linolnu kiselinu (C18:2n-6t), zatim za sve pokusne skupine za linolnu kiselinu (C18:2n-6c) te za P3 pokusnu skupinu u odnosu na ostale

skupine za γ -linolensku kiselinu (C18:3-n6), kao i za P2 pokusnu skupinu u odnosu na kontrolnu skupinu za γ -linolensku kiselinu (C18:3-n6).

Za eikozadiensku kiselinu (C20:2n6), eikozatriensku kiselinu (C20:3n6), arahidonsku kiselinu (C20:4n6) i eikazatriensku kiselinu (C20:3n3) značajna razlika utvrđena je za P2 i P3 pokusne skupine u odnosu na ostale pokusne skupine.

I u uzorcima bataka i zabataka uočen je povećani udio masnih kiselina s parnim brojem C atoma kod pokusnih skupina s većim udjelom *Hermetia illucens* (P2 i P3), što ima negativne konotacije po zdravlje potrošača u smislu povećanja ukupnog LDL kolesterola.

Među uzorcima pilećih bataka i zabataka postoji značajna razlika u masnokiselinskom sastavu za sve tri skupine masnih kiselina: SFA, MUFA i PUFA. Kada govorimo o pojedinim masnim kiselinama, značajna razlika među skupinama pilećih bataka i zabataka utvrđena je za ukupno 16 masnih kiselina.

Uzorci pilećih bataka i zabataka svih pokusnih skupina značajno se razlikuju jedna od druge u udjelu SFA, pri čemu je ovaj udio značajno najveći za skupinu P3, a značajno najmanji za kontrolnu skupinu. Iz dobivenih rezultata uočljivo je da je udio SFA najmanje povoljan kod P3 pokusne skupine, s najvećim udjelom *Hermetia illucens* u krmnoj smjesi. Značajno najveći udio MUFA određen je za skupinu P3, a najmanji za kontrolnu skupinu. Nadalje, udio PUFA značajno je najmanji za skupinu P3, a značajno najveći za kontrolnu skupinu.

Kao što je već ranije navedeno, na masnokiselinski sastav utječu brojni parametri, a jedan od najznačajnijih je sastav krmne smjese koja se koristi tijekom hranidbe životinja. Stoga je na temelju brojnih istraživanja također utvrđeno da meso tovnih pilića hranjenih krmnim smjesama s dodatkom masti animalnog porijekla sadrži više SFA u mastima prsnih mišića, posebice palmitinske, stearinske i miristinske masne kiseline, u usporedbi s tovnim pilićima koji su hranjeni smjesama s dodatkom biljnih masti (laneno, sojino, repičino ulje) (Kralik i sur., 1997, 2001; Crespo i Esteve – Garcia, 2001; Kralik i sur., 2006). Kako je dodatak, odnosno zamjena proteina soje s proteinima *Hermetia illucens* također zamjena masnoća biljnog porijekla s masnoćama animalnog porijekla, gore navedeni zaključci potvrđeni su i u ovom istraživanju. Naime, utvrđeno je kako je i kod mesa prsa i kod mesa bataka i zabataka udio SFA najveći kod P3 pokusne skupine, koja je imala najveću koncentraciju *Hermetia illucens*, dok je taj udio najmanji kod kontrolne skupine bijelog mesa. Udio MUFA također je najveći kod P3 pokusne skupine i za bijelo meso i za meso bataka i zabataka, dok je recipročno tome udio PUFA najmanji upravo za P3 pokusnu skupinu kod obje kategorije mesa pilića. Srodne rezultate

utvrdili su i Pieterse i sur. (2019), koji su također ispitali utjecaj proteina ličinki *Hermetia illucens* na masnokiselinski sastav svježeg i kuhanog mesa pilića u hibrida Cobb 500. Obzirom na primjenjene udjele proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe *Hermetia illucens* u hrani za piliće od 5 %, 10 % i 15 %, razvidno je da bi, obzirom na sve rezultate i parametre ispitivanja (tehnološka svojstva, masnokiselinski sastav i senzorska svojstva mesa pilića) udio od 15 % bio najprihvatljiviji, odnosno bez negativnog utjecaja na bilo koji od navedenih vrijednosti masnokiselinskog sastava.

Osim ovog istraživanja, a prema do sada objavljenim rezultatima, niti jedno drugo istraživanje koje je provedeno na pilićima nije ispitalo utjecaj zamjene proteinske komponente biljnog porijekla u hrani za životinje zamjenom proteinske komponente animalnog porijekla, odnosno *Hermetia illucens*, na masnokiselinski sastav mesa pilića. Cullere i sur. (2018) ispitali su utjecaj zamjene *Hermetiom illucens* na meso prepelica, također uvodeći udjele *Hermetia illucens* od 10 % i 15 %. Utvrdili su kako povećanje sadržaja *Hermetia illucens* dovodi do povećanja sadržaja SFA u mesu prepelica, odnosno smanjenja sadržaja PUFA. Utvrđeno je da zamjena komponente biljnog porijekla onom animalnog porijekla negativno utječe na kvalitetu mesa po pitanju sadržaja masnih kiselina, budući da bi sa zdravstvenog stajališta sadržaj SFA trebao biti niži, odnosno sadržaj PUFA i MUFA viši. Opisani rezultati u skladu su s rezultatima i u ovom istraživanju. Schiavone i sur. (2017) izvršili su zamjenu sojinog ulja, kao izvora masnoće, sa 50 % ili 100 % masnoće porijeklom od *Hermetia illucens*. Dobiveni rezultati upućuju na činjenicu da su svi proizvodni parametri, kemijski sastav mesa, pH, L*, a* i b* vrijednosti bili iznimno dobri, osim masnokiselinskog sastava mesa pilića. Budući da masnokiselinski sastav *Hermetia illucens* ovisi o supstratu korištenom tijekom uzgoja, jednako kao što i masnokiselinski sastav mesa pilića ovisi o sadržaju masnih kiselina koje pilići dobivaju putem hrane, Cullere i sur. (2018) te Schiavone i sur. (2017) zaključuju da se na sastav masnih kiselina u mesu pilića može utjecati upravo modifikacijama supstrata za uzgoj *Hermetia illucens*. Osim toga, korekcije ili nadopune krmne smjese u pogledu masnih kiselina mogu se provesti i raznim drugim dodacima koji su izvor PUFA i/ili MUFA, kao što je opisano u radovima brojnih autora (Kralik i sur., 1997, 2001; Crespo i Esteve – Garcia, 2001; Kralik i sur., 2006), kako bi omjer SFA, odnosno PUFA i MUFA, u mesu pilića u nutritivnom smislu bio čim više u skladu s preporukama zdravstvene struke.

Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti da su ovim pokusom dobiveni značajno bolji rezultati za omjer n-6/n-3 za sve tri pokusne skupine za bijelo pileće meso, te također i za meso bataka i zabataka, u odnosu na kontrolnu skupinu. Promatrano po pokusnim skupinama, taj je

odnos najbolji za pokusne skupine P1 i P2. Obzirom na odnos omjera PUFA/SFA može se zaključiti da je isti povoljan i za kontrolnu skupinu, i za uzorke bijelog mesa u pokusnoj skupini kod koje je udio proteina porijeklom od ličinki crne vojničke muhe iznosio 15 %, te za uzorke bataka i zabataka u pokusnim skupinama s 15 % i 25 % ovog udjela u krmnoj smjesi.

5.4. UTJECAJ ZAMJENE DIJELA PROTEINSKE KOMPONENTE NA SENZORSKA SVOJSTVA MESA PILIĆA

Rezultati senzorskih svojstva mesa pilića prikazani su u **Tablicama 45 – 48**.

U **Tablicama 45 i 46** prikazani su rezultati senzorske procjene sustavom bodovanja za svježe, kuhano i pečeno pileće meso prsa (bijelo meso) te za svježe, kuhano i pečeno pileće meso bataka i zabataka (tamno meso). Za svježe (bijelo i tamno) meso ocjenjivana su senzorska svojstva: boja, konzistencija i miris mesa, dok su za kuhano i pečeno (bijelo i tamno) meso ocjenjivani boja, konzistencija, miris i okus mesa. Maksimalni broj bodova za pojedino svojstvo iznosio je 5, a za sve uzorke mesa izračunata je ukupna ocjena te je statistički značajna razlika analizirana za svako pojedino senzorsko svojstvo.

Promatrano prema ukupnim ocjenama, boja svježeg pilećeg bijelog mesa jednako je ocijenjena kod svih pokusnih skupina, najvišom ocjenom (5), a tako je ocijenjen i uzorak kontrolne skupine (**Tablica 45**). Uzorci kuhanog i pečenog pilećeg bijelog mesa kod svih pokusnih skupina ocijenjeni su nešto nižim ocjenama od uzorka kontrolne skupine (4,57 – 4,85). Konzistencija svježeg bijelog pilećeg mesa dobila je najveće ocjene za sve tri pokusne skupine (5), dok je ocjena za kontrolnu skupinu bila nešto niža (4,67). Ocjene za konzistenciju kuhanog bijelog pilećeg mesa bile su u rasponu 4,42 (kontrolna skupina, P2, P3) do 4,71 (P1), dok su za konzistenciju pečenog bijelog pilećeg mesa ocjene bile od 4,41 (P3) do 4,71 (P1). Svojstvo mirisa dobilo je najveće ocjene (5) za sve pokusne skupine te kontrolnu skupinu i kod svježeg i kod kuhanog pilećeg bijelog mesa, osim za P3 pokusnu skupinu kuhanog mesa (4,00). Ocjene za svojstvo mirisa kod pečenog bijelog mesa bile su od 4,57 (P1) do 4,85 (K). Svojstvo okusa ne ocjenjuje se za sirovo pileće bijelo meso, a kod kuhanog bijelog mesa za ovo svojstvo ocjene su se kretale od 4,00 (P3) do 4,71 (K), dok je kod pečenog bijelog mesa uočen sličan trend u ocjenjivanju – od 4,28 (P3) do 5,0 (K).

Iz opisanih rezultata može se vidjeti da su ocjenivači u većini slučajeva dali nižu senzorsku ocjenu uzorcima iz P3 pokusne skupine i za kuhano i za pečeno pileće bijelo meso, dok su ocjene za sva promatrana senzorska svojstva svježeg bijelog pilećeg mesa za pokusne skupine P2 i P3, kao i za kontrolnu skupinu, ocijenjena najvišim ocjenama. Međutim, statističkom obradom dobivenih

rezultata (**Tablica 47**) utvrđeno je da nema statistički značajne razlike ($p > 0,05$) niti za jedno senzorsko svojstvo, kao niti za jednu pokusnu skupinu za uzorke bijelog mesa.

Kod pilećeg tamnog mesa (**Tablica 46**), promatrano prema ukupnim ocjenama, za senzorsko svojstvo boje, svježe meso ocjenjeno je najvišom ocjenom (5) za pokusne skupine P2 i P3 te za kontrolnu skupinu. Uzorci kuhanog tamnog mesa za senzorsko svojstvo boje dobili su različite ocjene, s tim da je najvišu ocjenu dobio kontrolni uzorak, a najnižu (4,00) uzorak P2 pokusne skupine. Uzorci pečenog tamnog mesa za svojstvo boje ocjenjeni su jednako u sve tri pokusne skupine (4,85) te više u odnosu na uzorak kontrole (4,71). Konzistencija svježeg tamnog mesa dobila je najveće ocjene za sve tri pokusne skupine (5), kao i kontrolna skupina. Ocjene za konzistenciju kuhanog tamnog mesa bile su u rasponu 4,57 (P1, P3) do 4,85 (K), a za konzistenciju pečenog tamnog mesa od 4,85 (K, P2, P3) do 4,57 (P1). Svojstvo mirisa dobilo je najveću ocjenu (5) za sve pokusne skupine te kontrolnu skupinu kod svježeg tamnog mesa, dok su ocjene za svojstvo mirisa kuhanog i pečenog tamnog mesa bile vrlo raznolike za sve tri pokusne skupine, uključujući i kontrolnu skupinu. Naime, najvišu ocjenu za svojstvo mirisa kuhanog tamnog mesa dobili su uzorci P1 pokusne skupine (5,0), dok su najvišu ocjenu za isto svojstvo pečenog tamnog mesa dobili uzorci P2 pokusne skupine. Najniže ocjene za svojstvo mirisa kuhanog tamnog mesa dobili su uzorci P2 pokusne skupine (4,71), te za pečeno tamno meso uzorci P1 i P3 pokusne skupine (4,42). Svojstvo okusa se ne ocjenjuje za sirovo pileće tamno meso. Kod kuhanog tamnog mesa ocjene su se kretale od 3,86 (P2) do 4,85 (K, P1), dok je kod pečenog tamnog mesa uočeno da je ponovno kontrolna skupina dobila najveću ocjenu (4,71). Najmanju ocjenu dobile P1 i P3 pokusne skupine (4,28).

Iz opisanih rezultata može se vidjeti da su ocjenivači u većini slučajeva dali nižu ocjenu uzorcima iz P2 pokusne skupine kod termički obrađenog tamnog mesa, dok su ocjene za sva promatrana senzorska svojstva svježeg tamnog mesa bile najviše, kao i kod bijelog mesa. Statističkom obradom dobivenih rezultata (**Tablica 47**) utvrđeno je da nema statistički značajnih razlika niti za jedno svojstvo, kao niti za jednu pokusnu skupinu za uzorke tamnog pilećeg mesa.

Dobiveni rezultati koji se odnose na svježe pileće bijelo i tamno meso upućuju na zaključak da se zamjena dijela proteina biljnog porijekla proteinima porijeklom od *Hermetia illucens* nije negativno odrazila na senzorska svojstva boje, konzistencije i mirisa mesa, a što je potvrđeno i rezultatima tehnoloških svojstava koji su dobiveni ovim istraživanjem. Također se može zaključiti da bi ovako proizvedeno meso, obzirom na promatrana senzorska svojstva, bilo prihvatljivo za potrošače.

Ukusnost mesa kao ukupni dojam u ocjenjivanju senzorskih svojstava mesa ima najveći utjecaj na prihvatljivost od strane potrošača. U **Tablici 48** prikazane su značajnosti razlika u kvaliteti za promatrana senzorska svojstva pilećeg bijelog i tamnog mesa u odnosu na vrstu termičke obrade (kuhanje i pečenje) i obzirom na udio *Hermetia illucens* u krmnoj smjesi. Niti jedan od rezultata nije pokazao značajnost u promatranim senzorskim svojstvima među pokusnim skupinama.

Dobiveni rezultati upućuju na zaključak da zamjena dijela proteina porijeklom od soje u hranidbi pilića različitim udjelima *Hermetia illucens* nije utjecala na senzorska svojstva svježeg, kuhanog i pečenog bijelog i tamnog mesa pilića.

Trenutno ne postoji značajan broj istraživanja u kojima su procjenjivana senzorska svojstva pilećeg mesa općenito, a osobito ona u poveznici s djelomičnom zamjenom proteina biljnog porijekla proteinima *Hermetia illucens*. Khan i sur. (2017.) su ispitivali utjecaj djelomične zamjene soje sa tri različite vrste kukaca (ličinki muhe (*Musca domestica*), brašnara (*Tenebrio molitor*) i ličinki svilene bube (*Bombix mory*)) na proizvodna i senzorska svojstva mesa pilića hibrida Ross 308. Rezultati su pokazali da meso pilića koji su hranjeni dodatkom brašnara u krmnu smjesu pokazuju razlike u sočnosti i nježnosti mesa, u odnosu na kontrolnu skupinu te druge dvije pokusne skupine. Ovaj rezultat je obrazložen time što brašnar ima najveći sadržaj masti, međutim, sveukupni dojam ukusa mesa ocijenjen je na način da nisu uočene razlike u usporedbi sa kontrolnom skupinom. U ovom istraživanju korištena je samo jedna vrsta kukaca (*Hermetia illucens*) u svrhu zamjene proteina, čime niti nije bilo moguće uočiti ovakvu razliku.

Pieterse i sur. (2019) uvodili su djelomičnu zamjenu brašna ličinki *Hermetia illucens* u udjelima od 5 %, 10 % i 15 % u hranu za piliće hibrida Cobb 500 te procjenivali senzorska svojstva okusa, nježnosti, sočnosti i ukusnosti kuhanog pilećeg mesa prsa. Utvrdili su kako nema statistički značajne razlike u odnosu na kontrolnu skupinu hranjenu standardnom tovnom smjesom. Rezultati ovog istraživanja u skladu su sa navedenim zaključkom.

Proučavajući utjecaj zamjene proteinske komponente u standardnim smjesama za tov pilića sa određenim postotcima (5 %, 10 % i 15%) brašna *Hermetia illucens*, Onsongo (2017) je u svojoj doktorskoj disertaciji također zaključio da po pitanju senzorskih svojstava mesa pilića nije uočena značajna razlika. Rezultate, koji su također potvrdili da nema statistički značajnih razlika u senzorskim svojstvima mesa pilića uočili su Hwangbo i sur. (2009.) te Awoniyi i sur. (2004) koji su istraživanje proveli također na tovnim pilićima, međutim, s djelomičnom zamjenom soje brašnom ličinki domaće muhe (*Musca domestica*). Cullere i sur. (2018) ispitivali su senzorska svojstva mesa prepelica na pokusnim skupinama hranjenima

djelomičnom zamjenom *Hermetiom illucens* u udjelima od 10 % i 15 % te su utvrdili kako nema statistički značajne razlike između pojedinih pokusnih skupina, kao niti između pokusnih skupina u odnosu na kontrolnu skupinu.

Balolong i sur. (2020) također su ispitali utjecaj zamjene proteinske komponente porijekolom od ličinki crne vojničke muhe u udjelima od 25 %, 50 % i 100 % na senzorska svojstva mesa pilića. U pogledu ocjenivanja senzorskih svojstava mesa ocjenivali su boju, miris, nježnost i izgled mesa, te ukupnu prihvatljivost od strane potrošača. Test je pokazao kao između ocjena ne postoje statistički značajne razlike za pojedine hranidbene tretmane obzirn na promatrane parametre. Međutim, kod pilića hranjenih s 50 % zamjene ličinkama crne vojničke muhe rezultati su pokazali najviše ocjene prihvatljivosti za boju, izgled i nježnost mesa, dok je meso pilića koji su u potpunosti hranjeni komercijalnom smjesom najviša ocjena dobivena za miris mesa te ukupnu prihvatljivost. Nadalje, tretmani sa 25 % zamjene, 75 % zamjene i 100 % zamjene bjelancevina u standardnoj smjesi ličinkama crne vojničke muhe imali su slične i statistički ne značajne razlike u ocjenama prihvatljivosti od strane potrošača, stoga je sveukupni zaključak istraživača bio kako dodavanje ličinki crne vojničke muhe u hranidbenu smjesu pilića nema negativnih učinaka na prihvatljivost od strane potrošača.

Istraživanja u pogledu senzorskih svojstava mesa obzirom na djelomičnu zamjenu proteina biljnog porijekla proteinima animalnog porijekla provedena su i na ribama. Aniebo i sur. (2011) načinili su zamjenu ribljeg brašna s ličinkama kućne muhe u udjelima od 50 % i 100 % u hrani sjevernoafričkog soma te su utvrdili da nema značajnih razlika po pitanju teksture, okusa, arome i sočnosti u odnosu na kontrolnu skupinu. Sealey i sur. (2011) proveli su ispitivanje senzorskih svojstva mesa kalifornijske pastrve uvođenjem djelomične zamjene proteinima porijeklom od *Hermetia illucens* u hranu za ribe koja standardno sadrži 45 % proteina. Za potrebe istraživanja načinjene su četiri pokusne skupine od kojih su dvije hranjene hranom koja je sadržavala 25 %, odnosno 50 % ličinki *Hermetia illucens* uzgojenih na standardnom supstratu, dok su druge dvije sadržavale ličinke *Hermetia illucens* uzgojene na supstratu obogaćenom određenim aminokiselinama i masnim kiselinama, također u udjelima od 25 % i 50 %. Senzorska svojstva na bazi triangl testa ispitivalo je 30 neuvježbanih panelista koji nisu ustvrdili razlike između mesa pastrve s obzirom na eksperimentalne tretmane međusobno, kao niti u odnosu na kontrolnu skupinu.

Iako do sada malobrojna, istraživanja senzorskih svojstava različitih vrsta mesa proizvedenih hranidbom životinja na bazi djelomične ili potpune zamjene biljne proteinske komponente onom animalnog podrijetla, od različitih vrsta kukaca, upućuju na zaključak da pri ispitivanjima

udjelima zamjene nije došlo do negativnog utjecaja na senzorska svojstva mesa, čime nije ni za očekivati negativno mišljenje potrošača o senzorskim svojstvima ovako proizvedenog pilećeg mesa.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Djelomična zamjena proteina soje proteinima porijeklom od odmašćenog brašna crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) u udjelu od 15 % od ukupnih proteina pokazala se optimalnim udjelom za prirast pilića tijekom tova, osobito u prvih 10 dana uzgoja. Zamjena proteinima u udjelu od 25 % od ukupnih proteina također je prihvatljiva i upućuje na dobre priraste tijekom prva tri tjedna tova, dok se zamjena proteina soje proteinima crne vojničke muhe u udjelu od 40 % od ukupnih proteina nije pokazala učinkovitom. Djelomična zamjena proteina niti u jednom od primijenjenih udjela nije rezultirala povećanjem prirasta u zadnjem tjednu tova.
2. Kod pilića u čiju je krmnu smjesu uvedena djelomična zamjena proteina soje proteinima odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe pri udjelima od 15 % i 25 % od ukupnih proteina utvrđene su prihvatljive vrijednosti za konverziju hrane.
3. Prilikom mjerenja pojedinih dijelova trupova pilića (prsni mišić, batkovi sa zabatkom, krila, leđa, abdominalno masno tkivo) i udjela tkiva u pojedinom dijelu trupa (mišićno, koštano, masno), djelomična zamjena proteina soje proteinima odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe rezultirala je porastom u masi mišića prsa, te smanjenjem u udjelu masnog tkiva kod svih pokusnih skupina. Promjene udjela ostalih dijelova trupa nisu bile statistički značajne, a zamjena se nije negativno odrazila na tehnološke pokazatelje kvalitete pilećeg mesa. Stoga se, sa stajališta hranidbe, može preporučiti djelomična zamjena proteina soje s proteinima odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe u početnoj krmnoj smjesi (starter) do maksimalno 25 %, te u porasnoj krmnoj smjesi (grover) do 15 %. Ovakva zamjena bila bi i tehnološki opravdana.
4. Rezultati analiza osnovnih kemijskih parametara (voda, proteini, masti i kolagen) upućuju na zaključak da djelomična zamjena proteina soje proteinima odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe nije pokazala negativan učinak na sadržaj proteina, masti i kolagena mesa pilića niti za jednu pokusnu skupinu.
5. U sve tri pokusne skupine uočeni su značajno bolji rezultati omjera masnih kiselina (n-6/n-3) za bijelo pileće meso, kao i za meso bataka i zabataka, u odnosu na kontrolnu skupinu, osobito za pokusne skupine u kojima je udio proteina porijeklom od brašna crne vojničke muhe iznosio 15 % i 25 % od ukupnog udjela proteina. Odnos omjera PUFA/SFA masnih kiselina također se pokazao povoljan za uzorke bijelog pilećeg mesa pri udjelu proteina odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe od 15 %, kao i za

uzorke bataka i zabataka pri udjelima od 15 % i 25 % . Primjena ovih udjela rezultirala je prihvatljivim vrijednostima omjera masnih kiselina s obzirom na zdravstvene preporuke.

6. Djelomična zamjena proteina soje u hranidbi pilića proteinima odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe za sva tri primjenjena udjela u krmnoj smjesi korištenoj u tovu nije utjecala na senzorska svojstva svježeg mesa prsa, kao niti mesa bataka i zabataka. Također nije ustanovljen negativan učinak ni na kuhano i pečeno pileće meso.
7. Istraživanjem je utvrđeno da djelomične zamjene proteina soje proteinima odmašćenog brašna ličinki crne vojničke muhe u udjelima do 25 % polučuju pozitivan učinak na tehnološka, senzorska i nutritivna svojstva mesa pilića.

7. LITERATURA

- Abd El-Hack, M., Shafi, M.E., Alghamdi, W.Y, Abdelnour, S.A. Abdelrazeq, M.S., Ahmed E.N. , Elwy A. A., Ayman A.S., Ahmed A. Al-S., Alkhateeb, M., Taha, Abdel-Moneim A.M.E., Tufarelli, V., Ragni, M. (2020) Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as A Promising Feed Ingredient for Poultry: A Comprehensive Review. *Agriculture*, **10**, 1-31. doi:10.3390/agriculture10080339
- Acton, J. C.(1973) Composition and properties of extruded, texturized poultry meat. *Journal of Food Science*, **38**, 571-574.
- Alagappan, S., Rowland, D., Barwell, R., Mantilla S.M.O., Mikkelsen, D., James, P., Yarger, O., Hoffman, L.C. (2022) Legislative landscape of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as feed. *Journal of insects as Food and Feed*, **8**(4), 343-355.
- Allegretti, G., Talamini, E., Schmidt, V., Borgoni, P.C., Ortega, E.(2018) Insects as a feed: An emergy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry. *Journal of Cleaner Production*, **171**:403-412.
- Allen, C.D., Fletcher, D.L., Northcutt, J.K., Russell, S.M.(1998) The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. *Poultry Science*, **76**:1042-1046.
- Allen, C.D., Russell, S.M., Fletcher, D.L. (1997) The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor development. *Poultry Science*, **76**: 1042-1046.
- Almasi, A., Baka-Andrassy, G., Budai, G., Pócze-Kustos, O., Fulop, T., Sutó, Z. (2012) Investigation of colour, texture and organoleptic properties of retailed conventional and organic chicken breast in Hungary. *20th International Symposium "Animal Science Days"*, Sept. 19.-21., Kranjska gora.
- Aniebo, A.O., Odukwe, C.A., Ebenebe, C., Ajuogu, P.K., Owen, O.J., Onu, P.N.(2011) Effect of housefly larvae (*Musca domestica*) meal on the carcass and sensory qualities of the mud catfish. *Advances in Food and Energy Section*, **1**, 24-28.
- AMSA (2012) Meat colour measurement guidelines. *American Meat Science Association*, Champaign, Illinois, USA.< https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/hot-topics/2012_12_meat_clr_guide.pdf?sfvrsn=d818b8b3_0 >.Pristupljeno 12. rujna 2018.
- AMSA (2015) Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat, Second Edition. *American Meat Science Association*, Champaign, Illinois.< <https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/amsa-sensory-and-tenderness-evaluation-guidelines/research-guide/2015-amsa-sensory-guidelines-1-0.pdf?sfvrsn=6> >. Pristupljeno 12. rujna 2018.
- Anankware, P.J., Fening, K.O., Osekre, E., Obeng-Ofori, D. (2015) Insects as food and feed: A review. *International Journal of Agricultural Research and Review*, **3**, 143-151.
-

-
- ANSES (2015): Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety on the use of insects as food and feed and the review of scientific knowledge on the health risks related to the consumption of insects. <<https://www.anses.fr/en/system/files/BIORISK2014sa0153EN.pdf>>. Pristupljeno 20. travnja 2019.
- Argetti, G., Talamini, E., Schmidt, .V., Bogorni, P.C., Ortega, E. (2018) Insect as feed: An energy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry. *Journal of Cleaner Production*, **171**, 403-412.
- Aaslyng, M.D., Meinert, L., Bejerholm, C., Warner, R. (2014) Sensory assessment of meat. *Encyclopedia of Meat Sciences*, 272-278.
- Ashmore, C.R., Parker, W., Doerr, L. (1972) Respiration of mitochondria isolated from darkcutting beef postmortem changes. *Journal of Animal Science*, **34**, 46-48.
- Aviagen. 2019. Ross Nutrition Specifications. Accessed Jan. 2020. http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/RossBroilerNutritionSpecs2019-EN.pdf.
- Awoniyi, T.A.M., Adetuyi, F.C., Akinyosoye, F.A. (2004) Microbiological investigation of maggot meal, stored for use as livestock feed component. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, **2**(3,4):104-106.
- Awoniyi, T.A.M., Adebayo, I.A., Aletor, V.A. (2004) A study of some erythrocyte indices and bacteriological analysis of broiler chickens raised on maggot-meal based diets. *International Journal of Poultry Science*, **2**, 386-390.
- Ayieko, M.A., Oriaro, V., Nyambuga, I.A. (2010) Processed products of termites and lake flies: Improving entomophagy for food security within the Lake Victoria region. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, **10**, 2085-2098.
- Bailey, A.J. i Sims, T.J. (1977) Meat tenderness: Distribution of molecular species of collagen in bovine muscle. *Journal of Science in Food and Agriculture*, **28**, 565-570.
- Bailey, A. J. (1989) The chemistry of collagen cross-links and their role in meat texture. U *Proceedings of 42nd Annual Reciprocal Meat Conference*, **42**,127-136.
- Balolong, C.J.L., Jumawan, B.S., Taer, E.C. (2020) Carcass quality evaluation of broilers fed with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology*, **2**(9), 272-280.
- Barbir, T., Vulić, A., Pleadin, J. (2014) Masti i masne kiseline u hrani životinjskog podrijetla. *Veterinarska stanica*, **2**, 97-110.
- Barbut, S. (1993) Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. *Food Research International*, **26**, 39-43.
- Barbut, S. (1997) Problem of pale exudative meat in broiler chickens. *British Poultry Science*, **38**,74-77.
- Barbut, S. (2001) Basic anatomy and muscle biology. *Poultry Products Processing: An Industry Guide*, CRC Press, 31-60.
- Bednářová, M., Borkovcová, M., Mlček, J., Rop, O., Zeman, L. (2013) Edible Insects – Species Suitable for Entomophagy under Condition of Czech Republic, *3 Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliannae Brunensis*, 587-593.
-

-
- Bell, J.G., Ghioni, C., Sargent, J.R. (1994) Fatty acid composition of 10 freshwater invertebrates which are natural food organisms of Atlantic salmon parr (*Salmo salar*): a comparison with commercial diets. *Aquaculture*, **128**, 301-313.
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C.C., Paoletti, M.G., Ricci, A. (2013) Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **12**(3), 296-313.
- Bianchi, M., Petracci, M., Cavani, C. (2006) The Influence of genotype, market live weight, transportation, and holding conditions prior to slaughter on broiler breast meat colour. *Poultry Science*, **85**, 123-128.
- Bkiskey, E.J. (1964) Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Advances in Food Research*, **13**, 89-178.
- Bobetić, B. (2024) Trendovi i izazovi peradarske proizvodnje u sljedećem srednjoročnom razdoblju. U *XV simpozij Peradarski dani*, str. 23-27, Hrvatski veterinarski institut, Centar za peradarstvo, Zagreb, Hrvatska.
- Boulianne, M., King, A.J. (1995) Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. *Poultry Science*, **74**, 1693-1698.
- Boulianne, M., King, A.J. (1998) Meat color and biochemical characteristics of unacceptable dark-colored broiler chicken carcasses. *Journal of Food Science*, **63**(5), 759-762.
- Bovera, F., Loponte, R., Marono, S., Piccolo, G., Parisi, G., Iaconisi, V., Gasco, L., Nizza, A. (2015) Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. *Journal of Animal Science*, **94**, 639-647.
- Bradley, S.W., Sheppard, D.C. (1984) Housefly oviposition inhibition by larvae of *Hermetia illucens*, the black soldier fly. *Journal of Chemical Ecology*, **10**, 853-859.
- Brewer, V.B., Kuttappan, V.A., Emmert, J.L., Meullenet, J-F., Owens, C.M. (2012) Big-bird programs: Effect of strain, sex, and debone time on meat quality of broilers. *Poultry Science*, **91**, 248-254.
- Briskey, E.J. (1964) Status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Advances in Food Research*, **13**, 89-101.
- Calder, P. (2015) Functional roles of fatty acids and their effects on human health. *Journal of Parental and Enternal Nutrition*, **39**, 18-32.
- Caligiani, A., Marseglia, A., Leni, G., Baldassarre, S., Maistrello, L., Dossena, A., Sforza, S. (2018) Composition of black soldier fly prepupae and systematic approaches for extraction and fractionation of proteins, lipids and chitin. *Food Research International*, **105**, 812-820.
- Charlton, A.J., Booth, A., Cook, N., Bruggeman, G., Dickinson, M., Fitches, E., MacDonald, S., Neal, H., Robinson, K., Romero, R., Sissins, J., Wakefield, M. (2014) Safety and quality considerations of insects for animal feed. U *Book of Abstracts of Conference on Insects to Feed the World*, str. 44., Wageningen University and Research Centre, Wageningen.
- Charlton, A.J., Dickinson, M., Wakefield, M.E., Fitches, E., Kenis, M., Han, R., Zhu, F., Kone, N., Grant, M., Dević, E., Bruggeman, G., Prior, R., Smith, R. (2015) Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, **1**, 7-16.
-

- Chartrin, P., Berri, C., Lebihan – Duval, E., Quentin, M., Baéza, E. (2004) Lipid and fatty acid composition of fresh and cured-cooked breast meat of standard, certified and label chickens. *Archiv für Geflügelkunde*, **69**(5), 219-225.
- Cordain, L., Eaton, B.S., Sebastian, A., Mannine, N., Lindeberg, S., Watkins, B.A., O'Keefe, J.H., Brand-Miller, J. (2005) Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century. *American Journal of Clinical Nutrition*, **81**, 341-354.
- Cornforth, D.P., Egbert, W.R. (1995) Effect of rotenone and pH on the color of pre-rigor muscle. *Journal of Food Science*, **50**, 35-44.
- Cortes Ortiz, J.A., Ruiz, A.T., Morales-Ramos, J.A., Thomas, M., Rojas, M.G., Tomberlin, J.K., Han, L.Yi.R., Giroud, L. Jullien, R.L. (2016) Insect Mass Production Technologies. *Insects as Sustainable Food Ingredients. Production, Processing and Food Applications*. Academic Press, 153-196.
- Courtenay, H.V., Branson, R.E. (1962) Consumers image of broilers. Texas Agricultural Experiment Station, *Bulletin* **989**, 1-32. <<https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/87916> >. Pristupljeno 20. veljače 2020.
- Cullere, M., Schiavone, A., Dabbou, S., Gasco, L., Dalle, Zotte, A. (2019) Meat Quality and Sensory Traits of Finisher Broiler Chickens Fed with Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Larvae Fat as Alternative Fat Source. *Animals*, **9**(140), 1-15.
- Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Acuti, G., Marangon, A., Dalle, Zotte, A. (2018) Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. *Animals*, **12**(3), 640-647.
- Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Miotti-Scapin, R., Claeys, E., De Smet, S., Dalle Zotte, A. (2016) Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*, **10**(12), 1923-1930.
- Cunningham, F.E., Bowers, J.A. (1977) Composition, microbial content, and stability of chicken patties held at refrigerator temperature. *Poultry Science* **56**, 93-97.
- Dabbou, S., Gai, F., Biasato, I., Capucchio, M.T., Biasibetti, E., Dezzutto, D., Meneguz, M., Plachia, I., Gasco, L., Schiavone, A. (2018) Black Soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, **9**(49), 1-10.
- Danish Meat Research Institute (2010) *Instruction manual: EZ Drip loss*. Danish Meat Research Institute, DMRI, Denmark.
- Davis, C.E., Townsend, W.E., McCampbell, H.C., Mercuri, A.J. (1974) Evaluation of the character and incidence of PSE in a herd of southeastern-grown experimental pigs. *Journal of Animal Science*, **38**, 746-753.
- De Faria Domingues, C.H., Rossi Borges, J.A., Ruviaro, C.F., Freire Guidolin, D.G., Mauad Carrijo, J.R. (2020) Understanding the factors influencing consumer willingness to accept the use of insects to feed poultry, cattle, pigs and fish in Brazil. *PLOS ONE*, 1-11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224059>

- De Marco, M.D., Martinez, S., Hernandez, F., Madrid, J., Gai, F., Rotolo, L., Belforti, M., Bergero, D., Katz, H., Dabbou, S., Kovitvadhi, A., Zoccarto, I., Gasco, L., Schiavone, A. (2015) Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*, **209**, 211-218.
- Diener, S., Zurbrugg, C., Roa Gutierrez, F., Nguyen Dang Hong, M.A., Koottatep, T., Tockner, K. (2011) Black soldier fly larvae for organic waste treatment – prospects and constrains. u: WasteSafe 2011, str. 52-59, 2nd Int. Conf. on Solid Waste Management in Developing Countries, 13.-15. February, Khulna, Bangladesh.
- Dobermann, D., Swift, J.A., Field, L.M. (2017) Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin*, **42**, 293-308.
- Domaćinović, M. (2006) Hranidba domaćih životinja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
- Domaćinović, M., Antunović, Z., Džomba, E., Opačak, A., Baban, M., Mužić, S. (2015) Specijalna hranidba domaćih životinja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vinkovci.
- Državni zavod za statistiku RH: *Statistički ljetopis 2012*. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb.
- Državni zavod za statistiku RH: *Statistički ljetopis 2023*. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb.
- Dutson, T.R. (1983) The measurement of pH in muscle and its importance to meat quality. *Reciprocal Meat Conference proceedings*, **36**, 292-297.
- Đinić, N., Okanović, Đ., Jokanović, M., Tomović, V., Palić, D. (2013) The influence of garlic powder in broiler feed on carcass and breast meat quality. *Quality of Life*, **4**, 55-61.
- Đnić, N., Puvača, N., Tasić, T., Ikonić, P., Okanović, Đ. (2016) How meat quality and sensory perception is influenced by feeding poultry plant extracts. *World's Poultry Science Journal* **71**(4), 673-682.
- EC (2001) Regulation 999/2001 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2001 laying down rules for the prevention, control and eradication of certain transmissible spongiform encephalopathies. OJ L147/1. EC – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001R0999&from=HR> >. Pristupljeno 20. veljače 2020.
- EC (2002a) Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed. OJ L140/10. EC – European Commission, Bruxelles, < https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:aca28b8c-bf9d-444f-b470-268f71df28fb.0004.02/DOC_1&format=PDF >. Pristupljeno 13. rujna 2019.
- EC (2002b) Regulation 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety. OJ L 31/1. EC – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002R0178&from=HR> >. Pristupljeno 20. veljače 2020.

- EC (2005) Regulation 183/2005 of the European Parliament and of the Council of 12 January 2005 laying down requirements for feed hygiene. *OJ L* 35. EC – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R0183&from=HR> >. Pristupljeno 13. rujna 2019.
- EC (2009a) Commission Regulation 152/2009 of 27 January 2009 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of feed. *OJ L* 54/1. EC – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0152&from=HR> >. Pristupljeno 13. rujna 2019.
- EC (2009b) Regulation 767/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 on the placing on the market and use of feed, amending European Parliament and Council Regulation (EC) No 1831/2003 and repealing Council Directive 79/373/EEC, Commission Directive 80/511/EEC, Council Directives 82/471/EEC, 83/228/EEC, 93/74/EEC, 93/113/EC and 96/25/EC and Commission Decision 2004/217/EC. *OJ L* 229. EC – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0767&from=hr> >. Pristupljeno 13. rujna 2019.
- EC (2009c) Regulation 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002 (Animal by-products Regulation). *OJ L* 300/1. EC – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1069&from=HR> >. Pristupljeno 13. rujna 2019.
- EC (2010) Commission Regulation 206/2010 of 12 March 2010 laying down lists of third countries, territories or parts thereof authorised for the introduction into the European Union of certain animals and fresh meat and the veterinary certification requirements. *OJ L* 73/1. EC – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0206&qid=1681835898041&from=HR> >. Pristupljeno 13. rujna 2019.
- EC (2013a) Commission Regulation 56/2013 of 16 January 2013 amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council laying down rules for the prevention, control and eradication of certain transmissible spongiform encephalopathies. *OJ L* 21/3. EC – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0056&from=HR> >. Pristupljeno 13. rujna 2019.
- EC (2013b) Commission Regulation 68/2013 of 16 January 2013 on the Catalogue of feed materials. *OJ L* 29/1. EC – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0068&from=HR> >. Pristupljeno 13. rujna 2019.

- EC (2015) Regulation 2015/2283 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on novel foods, amending Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council and repealing Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EC) No 1852/2001. *OJ L* 327 – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/ALL/?uri=CELEX%3A32015R2283> >. Pristupljeno 20. veljače 2020.
- EC (2017) Commission Regulation 2017/893 of 24 May 2017 amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as regards the provisions on processed animal protein. *OJ L* 138/92. EC – European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0893&from=HR> >. Pristupljeno 13. rujna 2019.
- EC (2021) Commission Regulation (EU) 2021/1372 of 17 August 2021 amending Annex IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council as regards the prohibition to feed non-ruminant farmed animals, other than fur animals, with protein derived from animals. *OJ L* 295. EC - European Commission, Bruxelles, < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1372> >. Pristupljeno 30. svibnja 2024.
- Ekoue, S.K., Hadzi, Y.A. (2000) Production d’asticots comme source de protéines pour jeunes volailles au Togo: observations préliminaires. *Tropicultura*, **18**(4), 212-214.
- Erickson, M.C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., Doyle, M.P. (2004) Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *Journal of Food Protection*, **67**(4), 685-690.
- EFSA (2015) Scientific opinion: Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed, European Food Safety Authority, *EFSA Journal*, **13**:4257.
- EFSA (2021) Scientific opinion: Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU)2015/2283, European Food Safety Authority, *EFSA Journal*, **19**(1), 6343.
- Evans, D.G., Goodwin, T.L., Andrews, L.D. (1976) Chemical composition, carcass yield and tenderness of broilers as influenced by rearing methods and genetic strains. *Poultry Science* **55**, 748-755.
- Farrell, D.J. (1991) Manipulation of growth, carcass composition and fatty acid content of meat ducks using short-term feed restriction and dietary additions. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **65**, 146-153.
- FEDNA (Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). 2018. Necesidades nutricionales para la avicultura. 2nd ed. Accessed Jan. 2020. http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/NORMAS_FEDNA_AVES_2018v.pdf.
- Ferri, M., Di Federico, F., Damato, S., Proscia, F., Grabowski, N.T. (2019) Insects as feed and human food and the public health risk – a review. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 1-28. DOI 10.2376/0005-9366-18064
- Fleming, B.K., Froning, G.W., Yang, T.S. (1991) Hem pigment levels in chicken broilers chilled in ice slush and air. *Poultry Science*, **70**, 2197-2200.

- Fletcher, D.L. (1999) Broiler Breast Meat Color Variation, pH, and Texture. *Poultry Science*, **78**, 1323-1327.
- Fletcher, D.L., Qiao, M., Smith, D.P. (2000) The relationship of raw broiler breast meat colour and pH to cooked meat colour and pH. *Poultry Science*, **79**, 784-788.
- Fletcher, D.L., Northcutt, J.K., Smith, D.P. (2002) The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poultry Science*, **81**(3), 422-427.
- Fletcher, D.L. (2002) Polutry meat quality. *World's Polultry Science Journal*, **58**, 131-145.
- Florowski, T., Slowinski, M., Dasiewicz, K. (2002) Colour measurements as a method for the estimation of certain chicken meat quality indicators. *Electronic Journal of Oilish Agricultural Universities*, **5**(2), 1-7. <<http://www.ejpau.media.pl/series/volume5/issue2/food/art-11.html>>. Preuzeto 21.rujna 2018.
- Food and Agriculture Organisation of United Nations (2012) INFOODS Guedlines. FAO, Rome.< <http://www.fao.org/3/ap810e/ap810e.pdf>>. Preuzeto 16. travnja 2018.
- Food and Agriculture Organisation (2013) Edible insects. Future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper No. 171, FAO, Rome. <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm>>. Preuzeto 16. travnja 2018.
- Food and Agriculture Organisation (2009): How to feed the world in 2050? FAO, Rome. <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf>. Preuzeto 16. travnja 2018.
- Food and Agriculture Organisation (2012) Report of the Sixth Session of the Sub-Committee on Aquaculture. 26-30 March 2012., FAO, Cape Town. <<http://www.fao.org/docrep/016/i2765t/i2765t.pdf>>. Preuzeto 16. travnja 2018.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014) Insects to feed the World. 1st International Conference, 14-17 May 2014, Wageningen (Ede). <<https://www.fao.org/edible-insects/86385/en/>>. Preuzeto 16. travnja 2018.
- Food and Agriculture Organisation (2023) Agricultural production statistics 2000 – 2022. FAOSTAT Analitical Brief 79. <https://openknowledge.fao.org>
- Food and Drug Administration (2010) Defect levels handbook. u The Food Defect Action Levels: Levels Of Natural or Unavoidable Defects in Foods That Present no Health Hazards for Humans; Center for Food Safety and Applied Nutrition, Ed.; US Food and Drug Administration: Washington, DC.
- Foottit, R.G., Adler, P.H. () Insects Biodiversity: Science and Society. Wiley – Blackwell Publishing, Urednici: Robert G. Foottit, Peter H. Adler. Print ISBN:9781405151429. Online ISBN:9781444308211 |DOI:10.1002/9781444308211. Oxford, England. <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781444308211>>. Preuzeto 21. rujna 2018.
- Ford, J., Chitty, H., Middleton, A.D. (1938) The food of partridge chicks (*Perdix perdix*) in Great Britan. *Journal of Animal Ecology*, **7**:251-265.
- Fredeen, H.T., Martin, A.H., Weiss, G.M. (1974) Changes in tenderness of beef longissimus dorsi as related to muscle color and pH. *Journal of Food Science*, **39**, 532-536.
- Fremery, D.D. (1966) Relationship between chemical properties and tenderness of poultry muscle. *Journal of Agriculture, Food and Chemistry*, **14**, 214-217.

- Froning, G.W., Babji, A.S., Mather, F.B. (1978) The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristic of turkey muscle. *Poultry Science*, **57**, 630-633.
- Froning, G.W. (1995) Colour of poultry meat. *Poultry and Avian Biological Reviews*, **6**, 83-93.
- Froning, G.W., Daddario, J., Hartung, T.E. (1968) Colour and myoglobin concentration in turkey meat as affected by age, sex and strain. *Poultry Science*, **47**, 1827-1835.
- Galović, D. (2011) Optimalizacija unosa minerala u hranidbi tovnih pilića. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, Hrvatska.
- Gariglio, M., Dabbou, S., Biasato, I., Capucchio, M.T., Colombino, E., Hernández, F., Madrid, F., Martinez, S., Gai, F., Caimi, C., Bellezza Oddon, S., Meneguz, M., Trocino, A., Vincenzi, R., Gasco, L., Schiavone, A. (2019) Nutritional effects of the dietary inclusion of partially defatted *Hermetia illucens* larva meal in Muscovy duck. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, **10**(37), 1-10.
- Garcia, M.A., Altieri, M.A. (2005) Transgenic crops: Implication for biodiversity and sustainable agriculture. *Bulletin of Science, Technology and Society*, **25**, 335-353.
- Grau, R., Ham, R. (1952) Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbildung im Fleisch. *Die Fleischwirtschaft*, **4**, 295 -297.
- Greger, M. (2014) Trans fat in animal fat. *Nutrition facts*, <<https://nutritionfacts.org/2014/02/27/trans-fat-in-animal-fat/>>. Pristupljeno: 21. rujna 2021.
- Groom, G.M. (1990) Factors affecting poultry meat quality. U: Montpellier: CIHEAM Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, **7**, 205-210.
- Gross-Bošković, A., Medić, H., Pleadin, J., Janječić, Z., Šperanda, M., Rebekić, A., Košević, M., Galović, D., Margeta, V., Radišić, Ž., Bošković, I., Petrić, J. (2024) Effect of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) defatted flour on technological properties and quality of chicken meat. *Journal of Central European Science*, **25**(1), 55-69.
- Grimaldi, D., Engel, M.S. (2005) *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, New York. <https://assets.cambridge.org/97805218/21490/frontmatter/9780521821490_frontmatter.pdf>. Pristupljeno 23. studeni 2018.
- Hackstein, J.H., Stumm, C.K. (1994) Methane production in terrestrial arthropods. U *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **91**(12), 5441-5445.
- Haley, M. (2015) Consumer demand for meat: the U.S. example. <http://www.ers.usda.gov/media/293605/wrs011g_1.pdf>. Pristupljeno 23. studeni 2018.
- Hascik, P., Kacaniova, M., Mihok, M., Pochop, J., Benczova, E. (2010) Performance of Various chicken hybrids fed with commercially produced feed mixtures. *International Journal of Poultry Science*, **9**(11), 1076-1082.
- Hassan Khan, S. (2018) Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*, **46**(1), 1144-1157.
- Haščík, P., Eliman, I.O.E., Garlik, J., Bobko, M., Kročko, M. (2013) Sensory evaluation of broiler meat after addition Slovak bee pollen in their feed mixture. *Potravinarstvo*, **7**(1), 107-110.

- Heffner, J., Roy, E.P., Davis, B.H., Hilton, W.B. (1964) Consumer preference for broiler pigmentation in New Orleans, Louisiana., Louisiana Agricultural Experiment Station, *Bulletin* **586**, 1-11.
- Helenius, J., Tuomola, S., Nummi, P. (1995) Food availability for the grey partridge in relation to changes in the arable environment. *Suomen Riista*, **41**, 42-52.
- Honikei, K.O., Fisher, C., Hamid, A., Hamm, R. (1981) Influence of postmortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. Postmortem storage of muscle at 20°C. *Journal of Food Science*, **46**(1), 1-6.
- Honikel, K.O. (1998) Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* **49**, 447-457.
- Horsted, K., Bodil, H. Allesen-Holm, B.H., John, E., Hermansen, J.E., Anne, G., Kongsted, A.G. (2012) Sensory profiles of breast meat from broilers reared in an organic niche production system and conventional standard broilers. *Journal of Science in Food and Agriculture*, **92**(2), 258-265.
- HRN EN ISO 12966-2:2011, Određivanje sadržaja masnih kiselina.
- HRN EN ISO 12966-4:2015, Određivanje sadržaja masnih kiselina.
- HRN EN ISO 12966-4, Određivanje faktora korekcije za svaku masnu kiselinu prilikom izračuna udjela masnih kiselina.
- HRN ISO 1443: 1999, Meso i mesni proizvodi – Određivanje ukupne količine masti.
- HRN ISO 937: 1999, Meso i mesni proizvodi – Određivanje količine dušika.
- HRN ISO 3496:1999, Određivanje udjela kolagena.
- Hwangbo, J., Hong, E.C., Jang, A., Kang, H.K., Oh, J.S., Kim, B.W., Park, B.S. (2009) Utilisation of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology*, **30**, 609-614.
- Ijaiya, A.T., Eko, E.O. (2009) Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Anaphe infracta*) caterpillar meal on performance, carcass characteristics and haematological parameters of finishing broiler chicken. *Pakistan Journal of Nutrition*, **8**(6), 850-855.
- Instruction manual for EZ Dripp Loss Method (2018). Danish Meat Research Institute, Taastrup, Denmark.
<https://www.dti.dk/ /media/70860_Instruction%20Manual%20EZ-DripLoss%20English%202017.pdf>. Preuzeto 20. studeni 2018.
- International Monetary Fund (2010) *International Monetary Fund Primary Comodity Prices*. <<http://www.imf.org/external/data.html>>. Preuzeto 23. listopada 2018.
- IPIFF (2019a) Briefing paper on the provisions relevant to the commercialization of insect-based products intended for human consumption in the EU. IPIFF, Brussels. <<https://ipiff.org/13th-august-2019-ipiff-releases-the-updated-briefing-paper-on-the-provisions-relevant-to-the-commercialisation-of-insect-based-products-intended-for-human-consumption-in-the-eu/>>. Preuzeto 06. veljače 2021.
- IPIFF (2019b) Guide on good hygiene practices for European Union (EU) producers of insects as food and feed. IPIFF, Brussels. <<https://ipiff.org/wpcontent/uploads/2019/12/IPIFF-Guide-on-Good-Hygiene-Practices.pdf>>. Preuzeto 06. veljače 2021.

-
- IPIFF (2020) Legal briefing note: Impact of the CJEU judgment on the novel food status of edible insects in the EU. < <https://ipiff.org/wpcontent/uploads/2020/10/Briefing-note-Impact-of-the-CJEU-judgement-on-the-novel-food-status-of-edible-insects-in-the-EU.pdf> >. Preuzeto 06. veljače 2021.
- IPIFF (2021) Insects as Novel Foods in the European Union – Frequently Asked Questions. < https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/08/ipiff_briefing_update_03.pdf >. Preuzeto 12. travnja 2022.
- ISO 5495:2005, Sensory analysis – Methodology – Paired comparison test
- ISO 4120:2004, Sensory analysis - Methodology -- Triangle test
- ISO 4121:2003, Sensory analysis – Guidelines for the use of quantitative response scales
- ISO 5492:2008, Sensory analysis – Vocabulary
- ISO 6658:2005, Sensory analysis – Methodology – General guidance
- ISO 8586:2012, Sensory analysis - General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors
- ISO 8589:2007, Sensory analysis - General guidance for the design of test rooms
- ISO 936: 1998, Meat and meat products – Determination of total ash
- ISO 1442: 1997, Meat and meat products – Determination of moisture content
- Itämies, J., Putaala, A., Pirinen, M., Hissa, R. (1996) The food composition of grey partridge chicks *Perdix perdix* in central Finland, *Ornis Fennica*, **73**, 27-34.
- Janječić, Z. (2005) Prehrambena vrijednost i sastav pilećeg mesa. *Meso*, **VII**(3), 11-13.
- Janječić, Z., Bedeković, D., Amšel Zelenik, T., Zglavnik, T., Vincek, D. (2023) Uzgoj i zaštita zdravlja peradi. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Stega Tisak, Zagreb.
- Jozefiak, D., Jozefiak, A., Kieronczyk, B., Rawski, M., Swiatkiewicz, S., Dlugosz, J., Engberg, R.M. (2016) Insects – natural nutrient source for poultry – A review. *Annals of Animal Science*, **16**(2), 297-313.
- Karolyi, D. (2004) Sposobnost vezanja vode u mesu. *Meso*, **VI**(6), 26-30.
- Kauppi, S-M., Nilstad Petersen, I., Boks, C. (2019) Consumer acceptance of edible insects and design interventions as adoption strategy. *International Journal of Food Design*, **1**(4), 39-62, doi: 10.1386/ijfd.4.1.39_1.
- Kelemu, S., Niassy, S., Torto, B., Fiaboe, K.K.M., Affogon, H., Tonnang, H.E.Z., Maniania, N.K., Ekesi, S. (2015) African edible insects for food and feed: inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. *Journal of Insects as Food and Feed*, **1**(2), 103-119.
- Khalid, H.H., Maha, M.A. (2018) The performance of Ross 308 and Arbor Acres broiler breeder and their commercial broiler in Iraq. *Journal of Global Pharma Technology*, **12**(9), 376-379.
- Khan, M.F., Panikkar, P. (2009) Assessment of impacts of invasive fishes on the food web structure and ecosystem properties of tropical reservoir in India. *Ecological Modeling*, **220**, 2281-2290.
- Khan, S., Khan, R.U., Alam, W., Sultan, A. (2018) Evaluating the nutritive profile of three insects meals and their effects to replace soya bean in broiler diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **2**, 622-628.
-

- Khusro, M., Andreaw, N.R., Nickolas, A. (2012) Insects as poultry feed: a scoping study for poultry production system sin Australia. *Worlds Poultry Science Journal*, **68**, 435-446.
- Kim, H.W., Setyabrata, D., Lee, Y.J., Jones, O.G., Kim, Y.H.B. (2016) Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, **38**, 116-123.
- Kim, T-K., Yong, H.I., Kim, Y-B., Kim, H-W., Choi, Y-S. (2019) Meeting Global Feed Protein Demand: Challenge, Opportunity, and Strategy. *The Annual Review of Animal Bioscience*, **7**, 17.1-17-23.
- Klosowska, D., Niewiarowicz, A., Kolsowsky, B., Trojan, M. (1979) Histochemische und histologische Untersuchungen am M. Pectoralis superficialis mit beschleunigter, normal und verzogreter Glykolysenrate in Broilern. *Fleischwirtschaft*, **59**, 1004-1008.
- Knežević, N., Grbavac, S., Palfi, M., Badnjak Sabolović, M., Rimac Brnčić, S. (2021) Novel food legislation and consumer acceptance – Importance for the food industry. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, **33**(2), 93-100.
- Kostadinović, L.J., Lević, J., Popović, S., Čabarkapa, I., Puvača, N., Đuragić, O., Kormanjoš, Š. (2015) Dietary inclusion of Artemisia absinthium for management of growth performance, antioxidative status and quality of poultry meat. *European Poultry Science*, **79**, 1-10.
- Kralik, G. i Petrićević, A. (1993) The influence of initial pH value in Broiler Breast on other meat characteristics. U *Proceedings of 11th European Symposium on the Quality on Polutry Meat*, 04-08.09.1993, Tours, France i *Quality of Polutry meat*, 262-266.
- Kralik, G., Škrtić, Z., Galonja, M., Ivanković, S. (2001) Meso pilića u prehrani ljudi za zdravlje. *Poljoprivreda* **7**(1), 32-36.
- Kralik, G., Ivanković, S., Škrtić, Z. (2005) Fatty acid composition of poultry meat produced in indoor and outdoor rearing systems. *Poljoprivreda*, **11**(1), 38-42.
- Kralik, G., Gajčević, Z., Hanžek, D. (2006) Kakvoća pilećih trupova i mesa na našem tržištu. *Krmiva* **48**(2), 59-68.
- Kralik, G., Škrtić, Z., Maltar, Z., Hanžek, D. (2007) Svojstva tovnosti i kakvoće mesa Ross 308 i Cobb 500 pilića. *Krmiva* **49**(2), 59-71.
- Kralik, G., Has – Schön, E., Kralik, D., Šperanda, M. (2008) *Peradarstvo – Biološki i zootehnički principi*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
- Kralik, G., Škrtić, Z., Kralik, Z., Đurkin, I., Grčević, M. (2011) Kvaliteta trupova i mesa Cobb 500 I Hubbard Classic broilerskih pilića. *Krmiva* **53**, 179-186.
- Kralik, G., Janječić, Z., Kralik, Z., Škrtić, Z. (2013) Stanje u peradarstvu i i trendovi njegova razvoja. *Poljoprivreda*, **19**(2), 49-58.
- Kralik, Z., Kralik, G., Grčević, M., Hanžek, D., Biazik, E. (2013) Pokazatelji tehnoloških svojstava prsnog mišićnog tkiva različitih genotipova pilića. U *48. hrvatski i 8. međunarodni skup agronoma*, str. 755-759, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, Hrvatska.
- Krishnan, R., Sherin, L., Muthuswami, M., Balagopal, R., Jayanthi, C. (2011) Seri waste as feed substitute for broiler production. *Sericologia*, **51**(3), 369-377.
- Kulier, I. (1996) Prehrambene tablice. Hrvatski farmer, Zagreb.

- Kumar, P.V., Rajashekhar, M., Ramya, N., Varun Saini and Shahanz (2017) Entomophagy: A Viable Opportunity for Food Security. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **6**(10), 1135-1143.
- Lamsal, B., Wang, H., Pinsirodom, P., Dossey, A.T. (2018) Application of Insects-Derived Protein Ingredients in Food and Feed Industry. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, DOI 10.1002/aocs.12180
- Le Bihan-Duval, E., Millet, N., Remignon, H. (1999) Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. *Poultry Science*, **78**, 822-826.
- Leclercq, M. (1977) A propos de *Hermetia illucens* (LINNAEUS, 1758) ("soldier fly") (Diptera: Stratiomyidae: Hermetiinae). *Bulletin et annales de la Société royale d'entomologie de Belgique*, **133**, 275-282.
- Lee, K.P., Simpson, S.J., Wilson, K. (2008) Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect. *Functional Ecology*, **22**(6), 1052-1061.
- Lee, J-H., Kim, T-K., Cha, J.Y., Jang, H.W., Yong, H.I., Choi, Y-S. (2022) How to develop strategies to use Insects as animal feed: digestibility, functionality, safety, and regulation. *Journal of Animal Science and Technology*, **64**(3), 409-431.
- Leiber, F., Gelencser, T., Stamer, A., Amsler, Z., Wohlfahrt, J., Früh, B., Maurer, V. (2017) Insect and legume-based protein sources to replace soybean meal in an organic broiler diet: Effects on growth performance and physical meat quality. *Renewable Agriculture and Food Systems*, **32**(1), 21-27.
- Lensvelt, E.J., Steenbekkers, L.P. (2014) Exploring consumer acceptance of entomophagy: A survey and experiment in Australia and The Netherlands. *Ecology of Food and Nutrition*, **53**, 543-561.
- Lešić, T., Kolarić Kravar, S., Krešić, G., Pleadin, J. (2017) Nutritivna kvaliteta masti industrijskih kobasica. *Meso*, **XIX**(6), 496-503.
- Li, Q., Zheng, L., Cai, H., Garza, E., Yu, Z., Zhou, S. (2011) From organic waste to biodiesel: black soldier fly, *Hermetia illucens*, makes it feasible. *Fuel*, **90**, 1545-1548.
- Liu, Y., Lyon, B.G., Windham, W.R., Lyon, C.E., Savage, E.M. (2004) Principal component analysis of physical, color, and sensory characteristics of chicken breasts deboned at two, four, six, and twenty-four hours postmortem. *Poultry Science*, **83**, 101-108.
- Loneragan, S., Deeb, N., Fedler, C., Lamont, S. (2003) Breast meat quality and composition in unique chicken populations. *Poultry Science*, **82**, 1990-1994.
- Loponte, R., Nizza, S., Bovera, F., De Riu, N., Filegerova, K., Lombardi, P. (2017) Growth performance, blood profiles and carcass traits of barbara partridge (*Alectoris barbara*) fed two different insect larvae meal (*Tenebrio monitor* and *Hermetia illucens*). *Researches in Veterinary Science*, **15**, 183-188.
- Lyon, B.G., Smith, D.P., Lyon, C.E., Savage, E.M. (2004) Effects of diet and feed withdrawal on the sensory descriptive and instrumental profiles of broiler breast fillets. *Poultry Science*, **83**, 275-281.
- Makinde, O.J. (2015) Maggot Meal: A Sustainable Protein Source for Livestock Production - A Review. *Advances in Life Science and Technology*, **31**, 35-41.
- Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuze, V. (2014) State-of-the-art on use insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, **197**, 1-33.

- Marsh, B.B. (1977) The basis of tenderness in muscle foods. *Journal of Food Science*, **42**, 295-311.
- Mandić, M., Primorac, Lj., Klapac, T., Perl, A. (2000) Senzorske analize. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek.
- McCormic, R.J. (1989) The influence of nutrition on collagen metabolism and stability. U *Proceedings of 42nd Annual Reciprocal Meat Conference*, **42**, 137-148.
- Majdak, T., Martin, A., Janječić, Z., Grubor, M. (2019) Mogućnost korištenja alternativnih izvora bjelančevina u hranidbi. Book of abstracts of the 26th International Conference Krmiva 2019, Modrić Mario, Martin Ana (ur.), Zagreb: Krmiva d.o.o., str.23-24.
- Manzano – Agugliaro, F., Sanchez – Muros, M.J., Barroso, F.G., Martinez – Sánchez, A., Rojo, S., Perez Bañón, C. (2012) Insects for biodiesel production. *Renewable Sustainable Energy Review*, **16**, 3744-3753.
- Martinez, Y. i Valdivie, M. (2021) Efficiency of Ross 308 broilers under different nutritional requirements. *J. Appl. Poult. Res.* 30:100140 <https://doi.org/10.1016/j.japr.2021.100140>
- Marušić Radovčić, N., Heleš, S., Vidaček, S., Janči, S., Petrak, T., Medić, H. (2014) Udio i stupanj oksidacije masti i sastav masnih kiselina industrijskog i tradicionalnog Baranjskog kulena. *Meso*, **XVI**(3), 238-243.
- Matsuno, T., Ohkubo, M., Toriiminami, Y., Tshushima, M., Sakaguchi, S., Minami, T., Maoka, T. (1999) Carotenoids in food chain between freshwater and aquatic insects. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry Molecular Biology*, **124**, 341 - 345.
- Maurer, V., Holinger, M., Amsler, Z., Früh, B., Wohlfahrt, J., Stamer, A., Leiber, F. (2015) Replacement od soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal of Insects as Food , Feed*, **1**, 1-8.
- McCruddy, R.D., Barbut, S., Quinton, M. (1996) Seasonal effect on pale, soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast meat. *Food Research International*, **29**, 363-366.
- Meilgaard, M.C., Civille, G.V., Carr, B.T. (1991) Sensory Evaluation Techniques. Second Edition, CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida USA.
- Mensink, R.P., Katan, M.B. (1992) Effect of dietary fatty acids on serum lipid and lipoproteins. A meta-analysis of 27 trials. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, **12**, 911-919.
- Meyer-Rochow, V.B., Chakravorty, J. (2013) Notes on entomophagy and entomotherapy generally and information on the situation in India in particular. *Applied Entomology and Zoology*, **48**, 105-112.
- Michel, L.M., Punter, P.H., Wismer, W.V. (2011) Perceptual attributes of poultry and other meatproducts: a repertory grid application. *Meat Science*, **87**, 349-355.
- Miller, R.K. (1994) Sensory methods to evaluate muscle foods. U: Kinsman DM & Kotula AW (Eds) Muscle Foods, Chapman and Hall Publishers, New York, USA.
- Mir, N.A., Rafiq, A., Kumar, F., Singh, V., Shukla, V. (2017) Determinants of chicken broiler meat quality and factors affecting them: a review. *Journal of Food Science and Technology*, **54**(10), 2997-3009.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., Cuadrado, M. (2005.) Tablas de composicion de alimentos. Decima edicion, Ediciones piramide, Madrid, Španjolska.

-
- Mugler, D.J., Cunningham, F.E. (1972) Factors affecting poultry meat color - A review. *World's Poultry Science Journal*, **28**(4), 400-406.
- Müller, A., Wolf, D., Gutzeit, H.O. (2017) The black soldier fly, *Hermetia illucens* – a promising source for sustainable production of proteins, lipids and bioactive substances. *Zeitschrift für Naturforschung, C, Journal of Biosciences*, **72**(9-10), 351-363.
- Müller, A., Seinige, D., Grabowski, N.T., Ahlfeld, B., Yue, M., Kehrenberg, C. (2021) Characterization of *Escherichia coli* from Edible Insects Species: Detection of Shiga Toxin-Producing Isolate. *Foods*, **10**, 1-11.
- Munyuli Bin Mushambanyi, T., Balezi, N. (2002) Utilisation des blattes et des termites comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation des poulets de chair au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. *Tropicicultura*, **20**(1), 10-16.
- Murray, J.M., Delahunty, C.M., Baxter, I.A. (2001) Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, **34**, 461-471.
- Nakagaki, B.J., Defoliart, G.R. (1987) Protein quality of the house cricket *Acheta domestica* when fed to rooster chicks. *Poultry Science*, **66**, 1367-1371.
- Newton, G.L., Booram, C.V., Barker, R.W., Hale, O.M. (1977) Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *Journal of Animal Science*, **44**(3), 395-400.
- Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G. (2005) Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. North Carolina, North Carolina State University, USA. www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/smithfield_projects/phase2report05/cd_web%20files/A2.pdf > Pristupljeno 14.03.2019
- Nijdam, D., Rood, T., Westhoek, H. (2012) The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessment of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, **37**, 760-770.
- Northcutt, J.K., Foegeding, E.A., Edens, F.W. (1994) Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. *Poultry Science*, **73**, 308-316.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Nyakeri, E.M., Ogola, H.J.O., Ayieko, M.A., Amimo, F.A. (2017) Valorisation of organic waste material: growth performance of wild black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) reared on different organic wastes. *Journal of Insects as Food and Feed*, **3**(3), 193-202.
- Okah, U. Onwujariri (2012) Performance of finisher broiler chickens fed maggot meal as a replacement for fish meal. *Journal of Agricultural Technology*, **8**, 471-477.
- Onsongo, V.O. (2017) Performance and meat quality of broiler chicken fed diets enriched with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. Doktorska disertacija. University of Nairobi, Kenija.
- Onsongo, V.O., Osuga, I.M., Gachuri, C.K., Wachira, A.M., Miano, D.M., Tanga, C.M., Ekesi, S., Nakimbugwe, D., Fiaboe, K.K.M. (2018) Insects for income generation through animal feed: effect of dietary replacement of soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance. *Journal of Economic Entomology*, **XX**(X), 1-8.
-

- Oonincx, D.G.A.B., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., van Loon, J.A. (2015) Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by products. *PLoS ONE*, **10**(12), 1-20.
- Oonincx, D.G.A.B., van Itterbeek, J., Heetkamp, M.J.W., van den Brand, H., van Loon, J.J.A., van Huis, A. (2010) An exploitation on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE*, **5**(12), 1-7.
- Oonincx, D.G.A.B. (2014) Environmental sustainability of insect production U: *Book of Abstracts of Conference on Insects to Feed the World*, str.116., Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands.
- Osava, M. (1999) ENVIRONMENT BRASIL: Soy production spreads, threatens Amazon. Inter Press Service. <<http://www.ipsnews.net/1999/09/environment-brasil-soy-production-spreads-threatens-amazon/>> Pristupljeno 14. ožujka 2020.
- Owens, C.M., Hirschler, E.M., McKee, S.R., Martinez-Dawson, R., Sams, A.R. (2000) The characterisation and incidence of pale, soft and exudative turkey meat in commercial plant. *Poultry Science*, **81**, 1589-1597.
- Payne, C.L.R., Dobermann, D., Forkes, A., Forkes, A., House, J., Josephs, J., McBride, A., Müller, A., Quilliam, R.S., Soares, S. (2016) Insects as food and feed: European perspective on recent research and future priorities. *Journal of Insects as Food and Feed*, **2**(4), 269-276.
- Papadakis, S.E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R.E., Yam, K.L. (2000) A versatile and inexpensive technique for measuring colour of foods. *Food Technology*, **5**(12), 48-51.
- Pavelková, A., Kacániová, M., Hleba, L., Petrová, J., Pochop, J., Cubon, J. (2013) Sensory evaluation of chicken breast treated with oregano essential oil. *Scientific Papers. Animal Science and Biotechnologies*, **46**, 379-383.
- Petrić, J., Gross-Bošković, A., Hengl, B. (2017) Insects as protein source as food and feed – consumer perception in Croatia and other European countries. *Insecta conference 2017.*, Leibnits-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie.V., Potsdam.
- Petrić, J., Gross-Bošković, A., Hengl, B. (2016) Kukci kao proteinska komponenta u hranidbi peradi. *Krmiva*, **57**(1), 37-45.
- Petrić, J., Gross-Bošković, A., Hengl, B., Leušteć, M. (2015) Insekti kao izvor proteina u hrani za životinje – percepcija potrošača. U 5. Znanstveno-stručni skup Okolišno prihvatljiva proizvodnja kvalitetne i sigurne hrane, str. 69-70. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek.
- Pieterse, E., Erasmus, S.W., Uushona, T., Hoffman, L.C. (2019) Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a dietary protein source for broiler production ensures a tasty chicken with standard meat quality for every pot. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **99**(2), 893-903.
- Pleadin, J., Krešić, G., Barbir, T., Petrović, M., Milinović, M., Kovačević, D. (2014) Promjene u osnovnom nutritivnom i masno-kiselinskom sastavu tijekom proizvodnje Slavenskog kulena. *Meso*, **XIV**(6), 487-492.
- Pleadin, J., Vasilj, V., Lešić, T., Frece, J., Markov, K., Krešić, G., Vulić, A., Bogdanović, T., Zadavec, M., Vahčić, N. (2017) Kemijski sastav i pojavnost mikotoksina u tradicionalnim mesnim proizvodima podrijetlom iz domaćinstava Bosne i Hercegovine. *Meso*, **XIX**(4), 309-316.

- Potts, G.R. (1970) Recent changes in the farmland fauna with the special reference to the decline of grey partridge. *Bird Study*, **17**, 145-166.
- Pravilnik o kakvoći stočne hrane (1998) *Narodne novine* **26**, Zagreb
- Pravilnik o tržišnim standardima za meso peradi (2011) *Narodne novine* **78**, Zagreb
- Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T., Abbasi, S.A. (2011) Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: the use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Review*, **15**, 4357-4360.
- PROteINSECT (2016) PROteINSECT Consensus Case Report. <https://www.proteinsect.eu/fileadmin/user_upload/deliverables/PROteINSECT_CBC_FINALv1.pdf>. Pristupljeno 27 svibnja 2018.
- Pulliainen, E. (1986) Optimal foraging theory and food selection by the grey partridge *Perdix perdix* in captivity. *Ornis Fennica*, **63**, 134-135.
- Puvača, N., Kostadinović, L.J., Popović, S., Lević, J., Ljubojević, D., Tufarelli, V., Jovanović, R., Tasić, T., Ikonić, P., Lukač, D. (2015) Proximate composition, cholesterol content and lipid oxidation of meat from chickens fed dietary spice addition (*Allium sativum*, *Piper nigrum*, *Capsicum annum*). *Animal Production Science*, **55**(11), 1920-1927.
- Qiao, M., Fletcher, D.L., Northcutt, J.K., Smith, D.P. (2002) The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poultry Science*, **81**, 422-427.
- Raman, S.S.; Stringer, L.C., Bruce, N.C., Chong, C.S. (2022) Opportunities, challenges and solutions for black soldier larvae-based animal feed production. *Journal of Cleaner Production*, **373**, 1-18.
- Ramos Elorduy, J., Gonzalez, E.A., Hernandez, A.R., Pino, J.M. (2002) Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, **95**(1), 214-220.
- Ramos Elorduy, J., Pino, J.M. (2002) Edible insects of Chiapas, Mexico. *Ecology of Food and Nutrition*, **41**(4), 271-299.
- Ramos Elorduy, J. (2009) Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomology Research*, **39**, 271-288.
- Rakić, F., Mikuš, T., Kozačinski, L., Cvrtila, Ž. (2022) Rizici konzumacije brašna od cvrčaka. *Meso*, **XXIV**(5), 456-463.
- Raskopf, B.D., Kidd, I.H., Goff, O.E. (1961) Effects of diets containing milo on broilers and Consumers Acceptance of Broilers Differing in Degree of Skin Pigmentation. *Agriculture Experiments and Statistics Bulletin*, **324**, 1-34.
- Ravindran, V., Blair, R. (1993) Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. *World's Poultry Science Journal*, **49**, 219-235.
- Resurreccion, A.V.A. (2004) Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Science*, **66**, 11-20.
- Rettore, A., Burke, R., Barry-Ryan, C. (2016) Insects: A Protein Revolution for the Western Human Diet. Dublin Gastronomy Symposium. *Food and Revolution*, 1-8.
- Ristić, M., Troeger, K., Đinović-Stojanović, J., Knežević, N., Damjanović, M. (2017) Colour and fat content of intrinsic cues for consumers attitudes towards meat product quality. *Earth and Environmental Science*, **85**, 1-5.

- Roos, N., van Huis, A. (2017) Consuming insects: are there health benefits? *Journal of Food and Feed*, **3**(4), 225-229.
- Ross 308 Performance Objective (2014) <https://images.poultry.com/files/company/1759/Ross_PM3_Broiler_PO_2014_EN > Pristupljeno 22. travnja 2017.
- Ross 308 Performance Objective (2019) < <http://eu.aviagen.com/tech-center/download/1339/Ross308-308FF-BroilerPO2019-EN.pdf> >. Pristupljeno 12. prosinca 2019.
- Ross 308 Performance Objective (2022) < <https://aviagen.com/eu/brands/ross/products/ross-308> >. Pristupljeno 30. svibnja 2024.
- Rostagno, H. S. 2017. Tablas Brasileñas Para Aves y Cerdos-Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. Accessed Jan. 2020. <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2018/09/tablas-brasilec3b1as-aves-y-cerdoscuarta-edicion-2017-11.pdf>
- Rumpold, B.A., Schlüter, O.K. (2013) Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **17**, 1-11.
- Russin, T.A., Boye, J.I., Arcand, Y., Rajamohamed, S.H. (2011) Alternative techniques for defatting soy: A practical review. *Food Bioprocess Technology*, **4**, 200-223.
- Sanchez-Muros, M.J., Barroso, F.G., Manzano-Agugliaro, F. (2014) Insect meals as renewable source of food for animal feeding: A review. *Journal of Cleaner Production*, **65**, 16-27.
- Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., Santos-Silva, F. (2002) Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, **77**, 187-194.
- SAS Institute Inc (2000) SYSTEM 2000 Software. Institute Inc. Cary, North Carolina.
- Schiavone, A., Cullere, M., De Marco, M., Meneguz, M., Biasato, I., Bergagna, S., Dezzutto, D., Gai, F., Dabbou, S., Gasco, L., Dalle Zotte, A. (2017) Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, **16**(1), 1-10.
- Sealey, W.M., Gaylord, T.G., Barrows, F.T., Tomberlin, J.K., McGuire, M.A., Ross, C., St-Hilaire, S. (2011) Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed by enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of World Aquaculture Society*, **42**, 34-45.
- Simopoulos, A.P. (2002) The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **56**, 365-379.
- Sheppard, D.C., Newton, G.L., Burtle, G. (2008) Black soldier fly prepupae: a compelling alternative to fish meal and fish oil. A public comment prepared in response to a request by the National Marine Fisheries Service to gather information for the NOAA-USDA Alternative Feeds Initiative. Public comment on alternative feeds for aquaculture received by NOAA 15 November 2007. Published 2008., University of Georgia, Tifton, Georgia.
<https://www.aquacircle.org/images/pdfdokumenter/udvikling/andre/amerika/Soldier_fly_compelling_alternative_NOAA-USDA.pdf >. Pristupljeno 17. ožujka 2018.

- Sheppard, D.C., Newton, G.L., Thompson, S.A., Savage, S. (1994) A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, **50**(3), 275-279.
- Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C., Sumner, S.M. (2002) Rearing methods for the black soldier fly (diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, **39**, 695-698.
- Sherman, R.A., Wyle, F.A. (1996) Low-cost, low maintenance rearing of maggots in hospitals, clinics, and schools. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, **54**, 38-41.
- Skrivanova, E., Marounek, M., Benda, V., Brezina, P. (2006) Susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella* s.p.p. and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. *Veterinary Medicine*, **51**, 81-88.
- Smith, D.P., Fletcher, D.L., Buhr, R.J., Beyer, R.S. (1993) Peking duckling and broiler chicken Pectoralis muscle structure and composition. *Poultry Science*, **72**, 202-208.
- Smith, D.P., Lyon, C., Lyon, B. (2002) The effect of age, dietary carbohydrate source, and feed withdrawal on broiler breast fillet colour. *Poultry Science*, **81**, 1584-1588.
- Sogari, G., Amato, M., Biasato, I., Chiesa, S., Gasco, I. (2019) The Potential Role of Insects as Feed: A Multi-Perspective Review. *Animals*, **9**, 1-15.
- Southwood, T.R.E., Cross, D.J. (2002) Food requirements of grey partridge *Perdix perdix* chicks. *Wildlife biology*, **8**(3), 175-183.
- Southwood, T.R.E., Cross, D.J. (1969) The ecology of the partridge. III. Breeding and the abundance of insects in natural habitats. *Journal of Animal Ecology*, **38**, 497-509.
- Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Ovyne, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P., De Smet, S. (2017) Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **972**, 594-2600.
- Srebočan, V., Gomerčić, H. (1996) Veterinarski priručnik, peto izmijenjeno izdanje, Medicinska naklada, Zagreb.
- Stahl, C.A., Greenwood, M.W., Berg, E.P. (2003) Growth parameters and carcass quality of broilers fed a corn-soybean diet supplemented with creatine monohidrate. *International Journal of Polutry Science*, **3**(6), 404-408.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., De Haan. C.P.R.F. (2006) Livestock's Long shadow: Environmental Issues and Options. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), Rome, Italy. <<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>>. Pristupljeno 22. travnja 2017.
- Stevens, L. (2004) Avian Biochemistry and Molecular Biology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stone, H., Sidel, J.L. (2004) Sensory Evaluation Practices, 3. izd., Tragon Corporation, Redwood City, California
- Stryer, L. (1991) Biokemija. Školska knjiga, Zagreb.
- Škrtić, Z., Kralik, G., Gajčević, Z., Hanžek, D., Ivanković, S. (2009) Odlaganje masnih kiselina u mišićnom tkivu pilića. *Krmiva*, **51**(3), 161-169.

- Špehar, M., Vincek, D., Žgur, D. (2008) Factors affecting tenderness and marbeling. *Stočarstvo*, **62**(6), 463-478.
- Téguia, A., Mpoame, M., Okourou, M.J.A. (2002) The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. *Tropicultura*, **20**(4), 187-192.
- The Food Insects Newsletter (1994) Some Insect Foods of the American Indians: And How the Early Whites Reacted to Them. <http://www.hollowtop.com/finl_html/amerindians.htm>. Pristupljeno 16. kolovoza 2018.
- Tomberlin, J.K., Sheppard, D.C. (2001) Lekking behavior of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Florida Entomologist*, **84**(4), 729-730.
- Tualescu, C., Mihaiu, M., Bele, C., Matea, C., Dan, S.D., Mihaiu, R., Lpusan, A., Ciupa, A. (2010) Manipulating the fatty acid composition of poultry meat for improving consumer's health. *Billetin UASVM, Veterinary Medicine*, **67**(2), 220-225.
- Ullah, R., Khan, S., Khan, N.A., Mobashar, M., Sultan, A., Ahmad, N., Lohakare, J. (2017) Replacement of Soybean meal with Silkworm Meal in the Diets of White Leghorn Layers and Effects on Performance, Apparent Total Tract Digestibility, Blood Profile and Egg Quality. *International Journal of Veterinary Health Science and Research*, **5**(7), 200-207.
- Vahčić, N. (2013) Senzorske analize hrane, interna skripta za kolegij Senzorske analize hrane, Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- van Broekhoven, S., Oonincx, D.G.A.B., van Huis, A., Van Loon, J.J.A. (2014) Edible mealworm species: the effect of diets composed of organic side stream material U: *Book of Abstracts of Conference on Insects to Feed the World*, str. 39, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands.
- van der Spiegel, M., Noordam, M.Y., van der Fels-Klerx, H.J. (2013) Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **12**, 662-678.
- van Huis, A. (2010) Opinion: Bugs can solve the food crisis. *The Scientist – Magazine of the Life Sciences*. <<https://www.the-scientist.com/daily-news/opinion-bugs-can-solve-food-crisis-43066>>. Pristupljeno: 12. travnja 2018.
- van Huis, A. (2013) Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, **58**, 563-583.
- van Huis, A., van Itterbeek, J., Klunder, H.C., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. (2013) Edible insects: future prospects for food and feed security. *FAO Forestry, Paper 171*, Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), Rome, Italy. <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>>. Pristupljeno: 10.09.2017.
- van Huis, A. (2015) Edible insects contributing to food security? *Agriculture & Food Security*, **4**, 1-20.
- van Huis, A. (2016) Edible insects are the future? In: Proceedings of the Nutrition Society. *The Nutrition Society Summer Meeting 6-9 July 2015*, Univeristy of Nottingham, Nottingham, England.
- Vane-Wright, R.I. (1991) Why not eat insects? *Bulletin of Entomology Research*, **81**, 1-4.

- Ververis, E., Ackerl, R., Azzollini, D., Colombo, P.A., de Sesmaisons, A., Dumas, C., Fernandez-Dumont, A., Ferreira da Costa, L., Germini, A., Goimperis, T., Kouloura, E., Matijević, L., Precup, G., Roldan-Torres, R., Rossi, A., Svejstil, R., Turla, E., Gelbmann, W. (2020) Novel Foods in European Union: Scientific requirements and challenges of the risk assessment process by the European Food safety Authority. *Food Research International*, **137**, 1-11.
- Vieira, S.L. (2008) Chelated Minerals for Poultry. *Brazilian Journal of Poultry Science*, **10**(2), 73-79.
- Wang, Y.S., Shelomi, M. (2017) Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*, **6**(91), 1-23.
- Wattanachant, S., Benjakul, S., Ledward, D.A. (2004) Composition, colour, and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. *Poultry Science*, **83**, 123-128.
- Weston, A.R., Rogers, R.W., Althen, T.G. (2002) Review: The Role of Collagen in Meat Tenderness. *The Professional Animal Scientist*, **18**(2), 107-111.
- Weimer, S.L., Zuelly, S., Davis, M., Karcher, D.M., Erasmus, M.A. (2022) Differences in carcass composition and meat quality of conventional and slow growing broiler chickens raised at 2 stocking densities. *Poultry Science* 101:101833 <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101833>
- Whiting, R.C. (1989) Contributions of Collagen to the properties of Comminuted and Restructured Meat Products. U *Proceedings of 42nd Annual Reciprocal Meat Conference*, **42**, 149-156.
- Wideman, N., O'Bryan, C.A., Crandall, P.G. (2016) Factors affecting poultry meat colour and consumer preferences – A review; *Worlds Poultry Science Journal*, **72**, 353-366.
- Wideman, N.E., O'Bryan, C., Crandal, P.G. (2016) Factors affecting poultry meat colour and consumer preferences – A review. *World's Poultry Science Journal*, **1**(2), 1-14.
- Wilson, S. (2006) Optimised feeding systems for improving meat quality. Conference paper – EPC 2006, 12th European Poultry Conference, 10-14. September 2006, Verona, Italy.
- Wood, J.D., Enser, M. (1997) Factor influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, **79**(1), 49-60.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M. (2003) Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, **66**, 21-32.
- World Health Organization (2015) International Agency for Research on Cancer (IARC): Links between processed meat and colorectal cancer. <http://www.who.int/mediacentre/news/statements/2015/processed-meat-cancer/en/>.> Pristupljeno: 13. studeni 2018.
- Xiong, Y.L., Cantor, A.H., Pescatore, A.J., Blanchard, S.P., Straw, M.L. (1993) Variation in muscle chemical composition, pH, and protein extractability among eight different broiler carcasses. *Poultry Science*, **72**:583-588.
- Yam, K.L., Papadakis, S.E. (2004) A simple digital imaging methods for measuring and analyzing colour of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, **61**, 137-142.
- Yates, J.D., Brunson, C.C., Webb, J.E. (1976) Relationships of Certain Biochemical, Physical, and Quality Characteristics of Broiler Muscles. *Poultry Science*, **55**, 369-378.

- Žilić, J., Kaić, A., Luković, Z., Karolyi, D. (2016) Određivanje sposobnosti vezanja vode u mesu turopoljskih svinja EZ metodom. *Stočarstvo*, **70**(1), 43-48.
- Žlender, B., Holcman, A., Stibilj, V., Polak, T. (2000) Fatty acid composition of poultry meat from free range rearing. *Poljoprivreda*, **6**(1), 1-5.

8. PRILOZI

Prilog 1 Proizvođačka specifikacija dehidriranog obroka *Hermetia illucens*
Product specification Hermetia meal

Protein rich meal from fly larvae of *Hermetia illucens* as a feedingstuff component.



Hermetia
Baruth GmbH

Art. Nr.: 2200
 Product: Hermetia meal
 Product group: Processed Animal Protein (PAP)
 Quality: Component
 EU 1069/2009: Category III Material
 Statist. Art. Nr.: 05119985
 Version: 01 – 20140808

An der Birkenpfullheide 10
 15837 Baruth / Mark
 Phone +49 (0) 33704 675-50
 Fax +49 (0) 33704 675-79
info@hermetia.de
www.hermetia.de
 USt. ID: DE249721990
 Registration Nr.: 120720141332
 at LUGV Frankfurt / Oder

Definition:

Hermetia meal is produced from larvae of the fly *Hermetia illucens*. The larvae is reared on approved feedingstuff for farmed animals like wheat bran, rye (bruised grain), maize and water. The production facility is registered at the authority for feeding stuff and approved from the veterinary authority.

Physical data:

Colour: brown
 Odor: beefy
 Taste: beefy
 Particle size: 150 nm
 Shelf life: min. 6 months
 Storage: dry
 Storage temperature: - 20°C – +20°C

Application:

Poultry, Fish, Pigs (non EU)
 Pets
 Zoo animals
 Wild animals
 Fur animals

Request for application filed for non-ruminant farmed animals at EU-commission.

Packing- and Transport information:

Big bag
 No cooling necessary
 Delivery note

Managing Director: Heinrich Katz
 Amtsgericht Potsdam HRB 22645P

Amino acids (g/100g):

Arginin	2,17
Histidin	1,48
Isoleucin	2,15
Leucin	3,32
Lysin	2,42
Methionin	0,78
Phenylalanin	1,85
Threonin	1,91
Valin	2,92
Taurin	0,15
Asparaginsäure	3,91
Serin	2,11
Glutaminsäure	4,16
Glycin	2,54
Alanin	3,77
Tyrosin	3,70
Cystin	0,63
Ornithin	0,06

Unwanted Substances:

None known

Microbiological pollution:

Thermal drying with temperature >80°C
→ no pollution detectable

Process information:

Production process: Hatching –
Larvae growth – harvest – boiling –
drying – defatting

Origin: Baruth/Mark - Germany**Additives:** none**Registration Nr.** 120720141332**GMO – Status:** GMO free

Organic product: yes
(Naturland, Bioland, Demeter – if reared
on approved organic substrates)

HACCP yes

Traceability: yes
Batch management

Managing Director: Heinrich Katz
Amtsgericht Potsdam HRB 22645P

Mineral nutrients (g/100g):

Calcium	0,64
Phosphor	1,03
Magnesium	0,40
Potassium	1,58
Sodium	0,08

Micronutrients (mg/100g):

Total	35,34
Zinc	16,69
Copper	1,19
Mangan	18,10
Iron	24,77

Fatty acids (µmol/g)

Total	299,4
Acetic acid	263,9
Propionic acid	32,0
i-Butyric acid	3,4

Chemical analysis:

Humidity	10,10%
Dry mass	89,90%
Raw protein	63,02%
Raw fat	10,72%
Raw fibre	10,46%
Raw ash	7,23%

Safety information:

Toxic potential	none
Allergene	none
Cancerogene	none

If there is eye contact rinse with water.
Maybe take precautions because of fine
dust.

Additional information:

Protein rich meal of animal origin, which
satisfies the nutrition physiological
requirements of carnivorous animals to a
high extend. This was proven in several
scientific feeding trials.

Prilog 2 Obrazac za senzorske analize za "Test u trokutu"

Test u trokutu	TRIANGLE TEST (ISO 4120:2004)	
Ime i prezime: _____		
Datum: _____	Kod zasjedanja: _____	
Uzorak: _____		
Upute: Probajte tri uzorka ispred Vas s lijeva na desno. Dva su uzorka isti; jedan je različit.		
Zaokružite uzorak koji je različit. Neophodno je izvršiti odabir.		
275	366	491
431	828	405
902	570	825
261	427	118
816	359	644
909	378	545

Prilog 3 Obrazac "Shema senzorske procjene sustavom bodovanja"

Shema senzorske procjene sustavom bodovanja (kuhano pileće meso – pileća prsa)

Senzorska značajka	Zahtjev za senzorskim značajkama	Ocjena	KMP PK	KMP PP1	KMP PP2	KMP PP3
Boja	Karakteristična za sirovinu	5				
	Malo neujednačena	3 - 4				
	Neujednačena, suviše blijeda ili tamna	1 - 2				
	Potpuno blijeda, sivo – zelene mrlje	0				
Konzistencija	Tipična za vrstu sirovine	5				
	Manji nedostaci	3 - 4				
	Suviše meka ili pretvrda, vlažna, gumasta, masna	1 - 2				
	Neprikladna za vrstu sirovine/proizvoda	0				
Miris	Karakterističan za sirovinu	5				
	Manji nedostaci	3 - 4				
	Znatni nedostaci, ali još prihvatljivo obzirom na sirovinu	1 - 2				
	Stran, netipičan	0				
Okus	Karakterističan za sirovinu/proizvod	5				
	Manji nedostaci	3 - 4				
	Znatni nedostaci, ali još prihvatljivo obzirom na sirovinu	1 - 2				
	Stran, netipičan	0				