

Alternativni izvori proteina i masti u hranidbi peradi

Horvat, Sven

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:645567>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-19**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Sven Horvat

Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda

Modul Zootehnika

Alternativni izvori proteina i masti u hranidbi peradi

Završni rad

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Sven Horvat

Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda

Modul Zootehnika

Alternativni izvori proteina i masti u hranidbi peradi

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

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

Osijek, 2024.

ZAHVALA

Ovim putem želim izraziti duboku zahvalnost svima koji su mi pružili podršku tijekom mog studija i izrade ovog rada.

Prije svega, zahvaljujem svojoj užoj obitelji na bezuvjetnoj ljubavi, podršci i vjeri u mene te neprestanom ohrabrenju koji su bili ključni za moj uspjeh.

Posebnu zahvalu upućujem svojoj djevojci, čija je stalna podrška i razumijevanje omogućila da ostanem fokusiran i motiviran tijekom cijelog ovog vremena i čija prisutnost mi je bila neprocjenjiva.

Na kraju, ali ne i manje važno, želim zahvaliti svojoj mentorici, prof. dr. sc. Zlati Kralik, na neizmjernej pomoći i stručnim savjetima koji su bili od neizmjerne važnosti za izradu ovog rada, te čija su mi podrška i vodstvo bili neophodni.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Završni rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda, Modul Zootehnika

Sven Horvat

Alternativni izvori proteina i masti u hranidbi peradi

Sažetak:

U radu su prikazani mogući alternativni izvori proteina i masti u hranidbi peradi. Poseban fokus stavljen je na uporabu brašna ili ulja crne vojničke muhe, brašna cvrčaka i skakavaca, algi i vodene leće u dizajniranju krmnih smjesa za perad. Istraživači su eksperimentima dokazali pozitivan učinak uporabe alternativnih izvora proteina i masti u hranidbi peradi na zdravlje, performanse brojlera i kokoši te kvalitetu mesa i jaja. Navedeni alternativni izvori proteina i masti u krmnim smjesama za perad mogu uspješno zamijeniti konvencionalne izvore proteina poput ribljeg brašna i sojine sačme. Zaključno gledajući, uvođenjem alternativnih izvora proteina i masti u hranidbu peradi može se značajno unaprijediti održivost i ekonomičnost proizvodnje peradi.

Ključne riječi: hranidba peradi, proteini i masti, kukci, alge, vodena leća

28 stranica, 0 tablica, 3 grafikona i slika, 30 literaturnih navoda

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

BSc Thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Undergraduate university study Agriculture, course Zootechnique

Sven Horvat

Alternative sources of proteins and fats in poultry nutrition

Summary:

The paper presents possible alternative sources of protein and fat in poultry nutrition. A special focus is placed on the use of black soldier fly flour or oil, cricket and grasshopper flour, algae and duckweed in the design of feed mixtures for poultry. Through experiments, researchers have proven the positive effect of using alternative sources of protein and fat in poultry nutrition on the health, performance of broilers and hens, and the quality of meat and eggs. The mentioned alternative sources of protein and fat in feed mixtures for poultry can successfully replace conventional sources of protein such as fish meal and soybean meal. In conclusion, by introducing alternative sources of protein and fat in poultry feeding, the sustainability and economy of poultry production can be significantly improved.

Keywords: poultry feed, proteins and fats, insects, algae, duckweed

28 pages, 0 tables, 3 figures, 30 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek and in digital repository of Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ZAKONODAVNA REGULATIVA PRIMJENE KUKACA U HRANIDBI ŽIVOTINJA	2
3. ALTERNATIVNI IZVORI PROTEINA I MASTI U HRANIDBI PERADI	3
3.1. Korištenje crne vojničke muhe u hranidbi peradi	5
3.1.2. <i>Crna vojnička muha (Hermetia illucens) kao alternativni izvor proteina u hranidbi kokoši nesilica</i>	8
3.1.3. <i>Ulje ličinki crne vojničke muhe (Hermetia illucens) kao alternativni izvor masti u smjesama za brojlera</i>	10
3.1.4. <i>Prednosti i nedostaci u primjeni ličinki crne vojničke muhe u hranidbi peradi</i>	11
3.2. Korištenje brašna skakavaca i cvrčaka u hranidbi peradi	12
3.2.1. <i>Skakavci i cvrčci kao alternativni izvori proteina u hranidbi brojlera</i>	12
3.2.2. <i>Skakavci i cvrčci kao alternativni izvori proteina u hranidbi kokoši nesilica</i>	13
3.2.3. <i>Prednosti i nedostaci u primjeni brašna skakavaca i cvrčaka u hranidbi peradi</i>	15
3.3. Korištenje algi u hranidbi peradi	15
3.3.1. <i>Alge kao alternativni izvor proteina u hranidbi brojlera</i>	15
3.3.2. <i>Alge kao alternativni izvor proteina u hranidbi kokoši nesilica</i>	16
3.3.3. <i>Ulje algi kao alternativni izvor masti u smjesama za brojlera</i>	17
3.3.4. <i>Prednosti i nedostaci u primjeni algi u hranidbi peradi</i>	18
3.4. Korištenje vodene leće u hranidbi peradi	19
3.4.1. <i>Vodena leća kao alternativni izvor proteina u hranidbi brojlera</i>	19
3.4.2. <i>Vodena leća kao alternativni izvor proteina u hranidbi kokoši nesilica</i>	20
3.4.3. <i>Prednosti i nedostaci u primjeni vodene leće u hranidbi peradi</i>	22
4. ZAKLJUČAK	24
5. POPIS LITERATURE	25

1. UVOD

U svijetu gdje su održivost i ekološka odgovornost od ključne važnosti, korištenje tradicionalnih krmnih smjesa u hranidbi brojlera i kokoši nesilica svakim danom se mijenjaju. Tradicionalne smjese za perad podliježu različitim inovativnim korekcijama. Istraživanja su pokazala da je korištenjem dizajniranih smjesa za perad moguće utjecati na prirast, kvalitetu mesa i jaja. Također, bitan je utjecaj takve hranidbe na okoliš te potencijalno smanjenje utjecaja ugljika na planeti. Osim toga, važno je i smanjivanje potrebe za obradivim površinama s ciljem proizvodnje soje kao izvora proteina i suncokreta kao izvora masti za brojlere i kokoši nesilice. Mnoga istraživanja na tu temu se baziraju na uporabi ulja ili brašna podrijetlom od insekata kao alternativa soji, suncokretu i ribljem brašnu u krmnim smjesama za perad. Od insekata najviše se koriste ličinke crne vojničke muhe, zatim brašno cvrčaka i skakavaca, te algi i vodene leće. Kada proučimo ekološke učinke ovih alternativnih izvora nutritivno važnih sastojaka u krmnim smjesama, dobivaju se obećavajući rezultati u smanjivanju utjecaja ugljika na okoliš u usporedbi s tradicionalnim izvorima koji se koriste u sastavljanju smjesa za perad. Uzgoj insekata za hranjenje peradi zahtijeva manje resursa, poput vode i zemljišta, istovremeno pružajući značajne količine hranjivih tvari.

Smanjenje upotrebe konvencionalnih izvora proteina i masti također doprinosi smanjenju emisija stakleničkih plinova u atmosferu. Ovaj pristup doprinosi i boljitku s tehnološkog aspekta: hranidbom inovativnim krmnim smjesama s djelomičnom zamjenom proteinskog ili energetskog dijela smjese alternativnim izvorima proteina i masti pozitivno djelujemo na proizvodne pokazatelje na farmi, kao i na kvalitetu mesa i jaja.

Kroz primjenu alternativnih izvora proteina i masti u hranidbi peradi, ne samo da mijenjamo način na koji razmišljamo o održivosti u stočarskoj proizvodnji, već nalazimo rješenja da te promjene pozitivno utječu na kvalitetu hrane koju svakodnevno konzumiramo.

2. ZAKONODAVNA REGULATIVA PRIMJENE KUKACA U HRANIDBI ŽIVOTINJA

Zakoni Europske Unije (EU) reguliraju uvjete proizvodnje i prodaje hrane za ljude i životinje, uključujući hranu od kukaca. Ranih 2000-ih, donesen je zakonodavni paket koji definira opće higijenske mjere, kontrolu zdravlja životinja i sigurnost hrane. Posebni zakoni su uspostavljeni zbog problema s goveđom spongiformnom encefalopatijom (BSE), poput Uredbe (EU) 999/2001 koja zabranjuje uporabu prerađenih životinjskih proteina. Direktiva 2002/32/EZ određuje dozvoljene tvari za hranidbu životinja. Kukci za hranu smiju biti hranjeni tvarima biljnog porijekla, s iznimkama poput mlijeka, jaja i meda, dok je upotreba klaoničkog otpada zabranjena. Proizvođači hrane od kukaca moraju osigurati biosigurnost prema Zakonu o zdravlju životinja (Uredba (EU) 2016/429). Proizvođači izvan EU-a moraju ispunjavati slične standarde. Europska Uredba (EU) 1143/2014 sprječava uvođenje invazivnih stranih vrsta kukaca prema popisu invazivnih vrsta iz 2016. Proizvođači hrane za životinje moraju se registrirati prema Uredbi (EZ) 183/2005. Kukci za hranidbu životinja klasificiraju se kao nusproizvodi životinjskog porijekla prema Uredbi (EU) 142/2011. Uredbom (EU) 2017/893 dozvoljen je uzgoj određenih kukaca za hranu životinja akvakulture, a od 2021. i za perad i svinje. Kukci koji zadovoljavaju sigurnosne uvjete za proizvodnju su crna vojnička muha, kućna muha, veliki i manji brašnar, kućni šturak, tropski kućni zrikavac, livadski zrikavac, i dudov svilac prema Uredbi 2021/1925 (Beljan, 2022.).

3. ALTERNATIVNI IZVORI PROTEINA I MASTI U HRANIDBI

PERADI

Suočeni s rastućom globalnom potražnjom za hranom i ograničenim resursima, svijet intenzivno istražuje alternativne izvore proteina za hranidbu životinja. Stočarska proizvodnja zahtjeva intenzivnu upotrebu žitarica u pripremi hrane za životinje. U sustavima intenzivne peradarske proizvodnje, krmiva su najvažniji input sa visokih 60–80 % ukupnih troškova proizvodnje. Proteini su jedan od glavnih sastojaka hrane za perad koji utječe na cijenu kg gotove stočne hrane (Iji i sur., 2017.). Foley i sur. (2011.) navode procjenu da otprilike 35 % globalne proizvodnje ratarskih usjeva završi u stočnoj hrani. Ovaj postotak će godinama postajati veći s obzirom na porast broja stanovnika koji se prehranjuju proizvodima životinjskog porijekla. Pileće meso i jaja izvrstan su izvor proteina i masti u ljudskoj prehrani. Ovi proizvodi u usporedbi s drugim životinjskim namirnicama su jeftiniji, ne podliježu kulturološkim i vjerskim preprekama, proizvodni ciklus je kraći u usporedbi s uzgojem drugih životinja. Sve navedeno implicira da će potražnja za peradarskim proizvodima, mesom i jajima, nastaviti rasti i u budućnosti (Ahmed i sur., 2023.).

Proizvođači stočne hrane susreću se s izazovima koji uključuju ekološki otisak, troškove i ograničenu dostupnost tradicionalnih izvora proteina koji se koriste u krmnim smjesama. Sve navedeno dovodi do promišljanja o potrebi uključivanja alternativnih izvora proteina i masti u proizvodnju hrane za životinje.

Ovi alternativni izvori proteina i masti moraju pružiti održivu, ekonomičnu i nutritivno bogatu opciju u proizvodnji stočne hrane. Među brojnim alternativama izdvajaju se: biljni nusproizvodi, kukci, alge i vodena leća. Svaki od navedenih izvora donosi vlastite prednosti, ali i izazove u pogledu prihvaćanja, nutritivne vrijednosti, dostupnosti i utjecaja na vanjski okoliš.

U tvornicama stočne hrane dosta su popularni biljni nusproizvodi poput pivskog tropa, destilerskih suhih zrna sa sladovima, suncokretove sačme te brašna kokosa i kikirikija jer nude značajne količine proteina. Iako se njihova nutritivna vrijednost može razlikovati, često sadrže esencijalne aminokiseline potrebne za rast i razvoj peradi. Međutim, prisutnost antinutritivnih faktora i varijabilnost u sastavu mogu ograničiti njihovu upotrebu. Obrada poput zagrijavanja, ekstruzije ili fermentacije može poboljšati njihovu hranjivu vrijednost (Iji i sur., 2017.). Zbog visokog

reprodukcijskog koeficijenta i sposobnosti za brzo razmnožavanje tijekom cijele godine, kukci su vrlo popularni kao sirovina za bjelančevinastu komponentu u stočnoj hrani. U svijetu je sve više specijaliziranih farmi za uzgoj kukaca koji će se koristiti u pripremljanju krmnih smjesa za domaće životinje. U istraživanju Sánchez-Muros i sur. (2014.) navode da je u svijetu poznato oko milijun vrsta kukaca, iako se procjenjuje da je njihova globalna raznolikost veća od 80 milijuna. U literaturi se navodi da je više od 2 000 vrsta kukaca jestivo, a većina njih živi u tropima. Sa stajališta biološke raznolikosti, više od 58 % živih vrsta na zemlji su upravo kukci. U nekim zemljama kukci se koriste i u prehrani ljudi. Najčešće se u prehrani ljudi koriste kukci iz porodica *Coleoptera* (kornjaši), *Lepidoptera* (gusjenice leptira i moljaca), *Hymenoptera* (pčele, ose, mravi), *Othoptera* (skakavci, cvrčci, termiti), *Hemiptera* (lisnati i biljni skakavci), *Odonata* (vretenci) i *Diptera* (muhe). Kao krmivo za životinje najčešće se upotrebljavaju ličinke muha *Hermetia illucens* (crna vojnička muha) i *Musca domestica* (kućna muha), te *Alphitobius diaperinus* (crnokrilci), osobito *Tenebrio molitor* (brašnari). Kukci su prirodan izvor hrane za različite vrste peradi, što potvrđuje činjenica da se u ekološkom uzgoju peradi gdje životinje borave na ispustima perad hrani i kukcima koje nađe u travi. Stoga vrijedi razmotriti mogućnost korištenja brašna kukaca kao izvora bjelančevina u hranidbi peradi.

Alge i vodena leća su zanimljive zbog svojeg visokog sadržaja proteina i mogućnosti da se uzgajaju u kontroliranim uvjetima s minimalnim utjecajem na okoliš. Osim što su bogati proteinima, ovi alternativni izvori proteina sadrže i važne vitamine i minerale. Međutim, varijabilnost u sastavu i potreba za specifičnim uvjetima uzgoja predstavljaju izazove za širu primjenu u hranidbi peradi (Iji i sur., 2017.).

Alternativne izvore proteina i masti istraživači diljem svijeta dosta su proučavali. Neki od istraživača istaknuli su vrlo pozitivne rezultate uporabe alternativnih izvora proteina i masti u proizvodnji mesa i jaja (Zelić i sur., 2018.; Amobi i sur., 2020.; Mutisya i sur., 2021.; Ahmed i sur., 2023.). Neki od njih daju preporuke u dizajniranju smjesa za perad, no ipak treba i dalje korigirati trenutno dizajnirane smjese upravo radi povećanja njihove učinkovitosti u proizvodnji mesa i jaja peradi. Također je neophodno osigurati visoku razinu higijene kod uzgoja i pripreme brašna i ulja od insekata, zato što njihova proizvodnja u nehigijenskim uvjetima može uzrokovati različite bolesti u peradnjacima. Osim toga, postoji potreba za detaljnim proučavanjem utjecaja

ovih alternativnih izvora proteina i masti na performanse peradi, kvalitetu mesa i jaja. Vrlo važan, gotovo neizbježan segment, je i istražiti tržište, proučiti preferencije potrošača te žele li konzumirati meso i jaja podrijetlom od životinja koje su hranjene smjesama s dodatkom kukaca. S obzirom da peradarska industrija nastoji odgovoriti na rastuću potražnju za zdravim proteinima dobivenim na održiv način, istraživanja i primjena alternativnih izvora proteina sigurno će postati sve važnija i imati širu primjenu u budućnosti.

3.1. Korištenje crne vojničke muhe u hranidbi peradi

Kukci su izuzetno dobri bio-konverteri koji mogu transformirati biomasu niske kvalitete u nutritivno vrijedne bjelančevine. Crna vojnička muha (*Hermetia illucens*) je muha (*Diptera*) iz porodice *Stratiomyidae*. Prvotno stanište bila su joj područja tropskih i suptropskih klima, ali se brzo raširila diljem svijeta (Müller i sur., 2017.). Ličinke crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) bogate su visokokvalitetnim proteinima, esencijalnim aminokiselinama i masnim kiselinama koje su ključne za zdrav rast i razvoj peradi (Slika 1.).

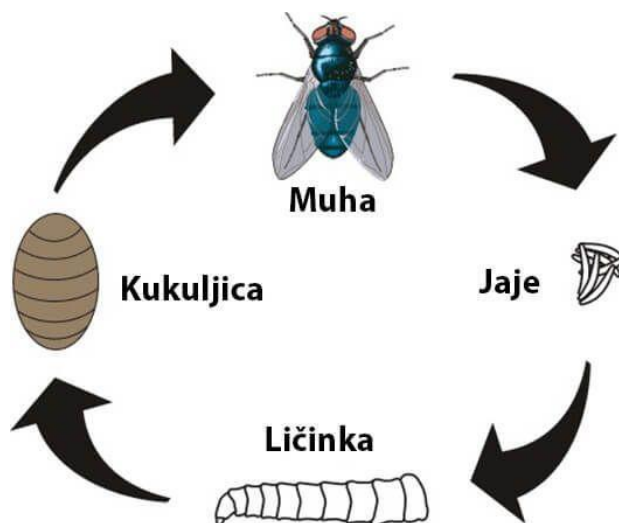


Slika 1: Ličinke crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*)

Izvor: <https://www.tehnoeko.com.hr/5883/biorazgradivi-otpad-i-licinke-crne-vojničke-muhe>

Također, sadrže važne minerale i vitamine koji mogu doprinijeti boljem zdravstvenom stanju i otpornosti na bolesti. Odrasla muha je crna, duguljastog oblika, dužine od 15 do 20 mm. Ličinke crne vojničke muhe mogu doseći dužinu do 27 mm a širinu do 6 mm. U svom završnom obliku mogu težiti i do 220 mg. Boja im je bjelkasta i neprozirna (Makkar i sur., 2014.). Crna vojnička

muha u krmnim smjesama može se koristiti kao brašno ili kao ulje. Životni ciklus crne vojničke muhe sastoji se od sljedećih faza: faza jaja, faza ličinke, faza kukuljica i faza odrasle muhe. (Alvarez, 2012.). Faza kukuljice ima pet stupnjeva i obično traje 24 dana, međutim ukoliko temperatura nije optimalna, ova faza se može produžiti na puno više dana (Slika 2.).



Slika 2: Životni ciklus muhe

Izvor: <https://fuckala.hr/stetnici/dezinsekcija-muha/>

3.1.1. Crna vojnička muha (*Hermetia illucens*) kao alternativni izvor proteina u hranidbi brojlera

Implementacijom krmnih smjesa na bazi ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) u hranidbi brojlerskih pilića sve više privlači pažnju kao potencijalna alternativa konvencionalnim izvorima proteina poput ribljeg brašna ili sojine sačme. Ova promjena ima značajan utjecaj ne samo na produktivnost i zdravlje brojlera, već i na male poljoprivredne proizvođače, posebice u zemljama u razvoju. U usporedbi s tradicionalnim izvorima proteina, krmne smjese na bazi ličinki crne vojničke muhe nude ekološki održivu i ekonomski isplativu proizvodnju, s potencijalnim pozitivnim učincima na performanse brojlera. Korištenje ovakvih krmnih smjesa u hranidbi brojlera može rezultirati boljom konverzijom hrane, većom tjelesnom masom i boljom kvalitetom mesa. Puno je istraživača koji su u svojim istraživanjima za cilj imali zamjenu tradicionalnih izvora proteina s brašnom crne vojničke muhe. Istraživanja Mutisya i sur. (2021.) i Ahmeda i sur. (2023.) su pokazala da krmne smjese obogaćene ličinkama crne vojničke muhe

moгу poboljšati rast i performanse brojlera. Schiavone i sur. (2019.) istraživali su utjecaj dodatka brašna crne vojničke muhe u krmne smjese za brojlere na svojstva trupa, kvalitetu i sigurnost mesa. U istraživanju je sudjelovalo 256 jednodnevnih muških pilića. Pilići su nasumičnim odabirom podijeljeni u 4 skupine. Prva skupina je bila kontrolna (HI0, a ostale tri skupine bile su eksperimentalne (HI5, HI10 i HI15). Krmne smjese korištene u ovom istraživanju razlikovale su se po sadržaju brašna od crne vojničke muhe. Kontrolna skupina nije sadržavala brašno od crne vojničke muhe, dok su eksperimentalne skupine sadržavale brašno crne vojničke muhe kako slijedi: 50, 100 i 150 g/kg hrane. Tov pilića trajao je 35 dana, nakon čega su pilići žrtvovani i uzeti su uzorci za analize kvalitete mesa. Rezultati ovog istraživanja ukazuju da dodatak brašna crne vojničke muhe nije poboljšao profil masnih kiselina u mesu pilića, dapače u eksperimentalnim skupinama omjer PUFA n6/n3 je povećan međutim razlike nisu bile statistički značajne ($P>0,05$). Meso pokusnih skupina nije imalo bolje tehnološke pokazatelje mesa, kao ni klaoničke pokazatelje. Zaključno autori ističu da je opravdano dodavati 100g/kg smjese brašna crne vojničke muhe kao zamjene za proteinsku komponentu u smjesi jer se ne narušava kvaliteta brojlerskog mesa. Gore opisana studija je provedena da bi se utvrdilo kako bi takva hranidba imala utjecaj na male poljoprivredne proizvođače u državi u razvoju, Keniji, prelazak na dijeta na bazi ličinki crne vojničke muhe može predstavljati značajnu promjenu s višestrukim prednostima. Prvo, uzgoj ličinki crne vojničke muhe može se obavljati lokalno, smanjujući ovisnost o uvoznim i često skupim izvorima proteina poput ribljeg brašna i soje. To ne samo da smanjuje troškove hrane za brojlere, već i potiče lokalnu ekonomiju i smanjuje ugljikov otisak povezan s transportom hrane. Drugo, proizvodnja ličinki crne vojničke muhe može pridonijeti boljem upravljanju organskim otpadom, pretvarajući ga u visokovrijednu hranu za perad. To omogućuje malim uzgajivačima da koriste dostupne resurse, poput ostataka hrane ili stajskog gnoja, za proizvodnju hrane, dodatno smanjujući troškove i doprinoseći ekološkoj održivosti. Korištenje smjesa za tovne piliće na bazi ličinki crne vojničke muhe može pomoći u smanjenju uvoza skupih izvora proteina, čime se povećava prehrambena sigurnost i smanjuje ovisnost o vanjskim tržištima. To je posebno važno u kontekstu globalnih poremećaja lanaca opskrbe, gdje bi lokalna proizvodnja hrane mogla pružiti dodatnu sigurnost malim poljoprivrednicima. Usporedba krmnih smjesa na bazi ličinki crne vojničke muhe s konvencionalnim izvorima proteina poput ribljeg brašna i soje ukazuje na značajne prednosti za performanse brojlera, kao i za male poljopri-

vredne proizvođače u državama u razvoju. Održivost, smanjeni troškovi i poboljšana prehrabena sigurnost samo su neke od prednosti koje ovakav pristup nudi. Kako svijet nastoji pronaći održive alternative za zadovoljavanje rastućih potreba za hranom, krmne smjese na bazi ličinki crne vojničke muhe mogu igrati ključnu ulogu u transformaciji poljoprivrede i prehrambenih sustava, posebice u zemljama u razvoju.

*3.1.2. Crna vojnička muha (*Hermetia illucens*) kao alternativni izvor proteina u hranidbi kokoši nesilica*

U hranidbi kokoši nesilica smjesama u koje je dodano brašno ili ulje crne vojničke muhe istraživači su se fokusirali na proučavanje koji udio zamjene brašna u smjesama najbolje djeluje na proizvodne pokazatelje (konverziju hrane, broj jaja po nesilici, mortalitet i slično) te na kvalitetu jaja. Patterson i sur. (2021.) u radu su istraživali utjecaj dodatka ulja i brašna ličinki crne vojničke muhe u smjese za kokoši na proizvodne pokazatelje i kvalitetu jaja. Istraživanje je dizajnirano u dva pokusa. U prvom pokusu korišteno je 216 nesilica hibrida Leghorn pasmine. Na početku istraživanja nesilice su bile u dobi od 43 tjedna. Hranjene su dizajniranim smjesama 4 tjedna, odnosno do dobi od 47 tjedana. Nesilice su podijeljene u 4 skupine svaka skupina imala je 54 kokoši. Smjese su dizajnirane tako što je u pokusne skupine dodavano ulje ličinki crne vojničke muhe. Kontrolna skupina nije imala ulja podrijetlom od crne vojničke muhe, a u pokusnim skupinama smjese su imale sljedeće udjele ulja navedenog insekta (U1=1,5 %; U2=3,0 % i U3=4,5). Smjese su bile izbalansirane na 16,5 % sirovih proteina. Iz rezultata prvog istraživanja autori navode da dodatak različitih udjela ulja ličinki crne vojničke muhe u krmne smjese za nesilice nema utjecaja na masu kokoši, konzumaciju hrane, masu jaja i intenzitet nesivosti, ($P>0,05$). Promatrajući kvalitetu jaja autori navode da nema statistički značajne razlike između ispitivanih skupina za vrijednosti visine bjelanjka, Hough jedinice i prisustvo krvavih i mesnih mrlja ($P>0,05$), dok je značajna razlika između skupina utvrđena za vrijednosti specifične težine jaja i boju žumanjka ($P<0,05$). Boja žumanjka bila je intenzivnija u pokusnim skupinama u usporedbi s kontrolnom skupinom (U1=4,5=7,93 : U2=7,93: U3=7,77 : K=7,37; $P<0,001$). U drugom dijelu istraživanja Patterson i sur. (2021.) ukupno su koristili 2016 kokoši pasmine Leghorn. Nesilice su na početku istraživanja bile u dobi od 51 tjedan a na kraju istraživanja u dobi od 55 tjedana. To nam govori da je istraživanje vezano za korištenje hranidbenih

tretmana na farmi trajalo 4 tjedna. Također je bilo 4 pokusne skupine kokoši, a svaka skupina je imala 54 kokoši, koje su bile smještene u obogaćene kaveze. U svakom kavezu bilo je po 3 nesilice, što znači po skupini je bilo 18 kaveza. Dizajnirane su 4 krmne smjese za kokoši. U ovom dijelu istraživanja korišteno je brašno od ličinki crne vojničke muhe. Kontrolna skupina dobivala je konvencionalnu hranu, dok su pokusne skupine hranjene smjesama s različitim udjelom brašna od insekata (P1=8 % brašna; P2=16 % brašna i P3=24 % brašna). Smjese su bile izbalansirane na 16,25 % sirovih proteina. Iz rezultata ovog istraživanja autori navode da je dodatak visoke razine brašna ličinki crne vojničke muhe negativno djelovao na broj jaja po nesilici i intenzitet nesivosti ($P < 0,05$). Također navode značajno ($P < 0,05$) smanjenje dnevne konzumacije hrane po kokoši u skupini koja je imala najveći udio brašna insekta u odnosu na ostale istraživanje skupine nesilica. U rezultatima kvalitete jaja autori navode da su se vrijednosti boje žumanjka statistički značajno razlikovale između ispitivanih skupina, odnosno da je značajno intenzivniji žumanjak ($P < 0,05$) bio kod skupine P2 (9,51) u usporedbi s kontrolnom skupinom (9,05). Kod specifične težine jaja također je utvrđena statistički značajna razlika između ispitivanih tretmana ($P < 0,05$), te je utvrđeno da je P3 skupina imala veću specifičnu težinu u odnosu na skupinu P2 (1,0799 : 1,0763). Secci i sur. (2018.) svoje istraživanje fokusirali su na utvrđivanje kvalitete jaja Lohmann Brown Classic nesilica koje su hranili smjesama u kojima je soja zamijenjena brašnom crne vojničke muhe. U istraživanju su autori koristili 108 nesilica hibrida Lohmann Brown, starih 24 tjedna. Formirali su dvije pokusne skupine, sa po 54 kokoši u skupini. Prva skupina bila je kontrolna, a nesilice su dobivale smjesu na bazi sojine sačme kao izvora proteina. Druga skupina P dobivala je smjesu koja je sadržavala 170g/kg smjese brašna ličinki crne vojničke muhe. Pokazatelji koji definiraju kvalitetu jaja uključuju: masu jaja, masu osnovnih dijelova jaja, debljinu i čvrstoću ljuske, visinu bjelanjka, Haugh jedinice, boju žumanjka. Također se analizirati mogu kemijski sastav jaja, sadržaj vitamina, minerala, masnih kiselina u žumanjku, sadržaj karotenoida koji su odgovorni za boju žumanjka i slično. U navedenom istraživanju autori ističu da je utvrđena značajna razlika u masi bjelanjka, omjeru žumanjka i bjelanjka, boji žumanjka, udjelu bjelanjka i žumanjka u jajetu ($P < 0,05$). Značajno intenzivniju boju žumanjka imala su jaja pokusne skupine, i to u segmentu crvenog pigmenta koji je značajno izraženiji kod P skupine u odnosu na kontrolu (5,63 : 1,36; $P < 0,001$). Ovaj rezultat potvrđuje se i u rezultatima analize karoteinoida u žumanjcima ispitivanih jaja ukazuju da je značajno bolji sadržaj γ -tokoferol utvrđen u pokusnoj skupini u odnosu na kontrolu ($P = 4,0 :$

K=2,4). Također pokusna skupina imala je značajno bolje vrijednosti sadržaja luteina i β -karotene. Kemijski sastav jestivog bjelanjka i žumanjka bio je ujednačen kod obje skupine ($P>0,05$). Profil masnih kiselina razlikovao se značajno u sadržaju Σ MUFA (K=41,80 % : P=40,88 %) i Σ n-6 PUFA (K=16,20 % i P=17,29 %). Zaključno, primjena krmnih smjesa obogaćenih proizvodima ličinki crne vojničke muhe kod Lohmann Brown nesilica pokazuje obećavajuće rezultate, ne samo u pogledu performansi nesilica već i u poboljšanju kvalitete jaja. Buduća istraživanja trebala bi dodatno istražiti optimalne razine uključivanja i dugoročne učinke na zdravlje i dobrobit nesilica. U svijetu sve veće potražnje za hranom i s ograničenim resursima, potreba za održivim izvorima proteina postaje sve prisutnija.

*3.1.3. Ulje ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) kao alternativni izvor masti u smjesama za brojlere*

U istraživanju Kim i sur. (2020.) ističu kako ulje ličinki crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) kao alternativni izvor masti u hranidbi brojlera postaje sve popularnije zbog svojih potencijalnih prednosti za zdravlje i učinkovitost u proizvodnji mesa. Korištenje ovog ulja ne samo da može utjecati na rast i karakteristike trupa brojlera, već i na sastav masnih kiselina u mesu, kao i na zdravlje crijeva, što su ključni aspekti u proizvodnji kvalitetne piletine. Primjena ulja ličinki crne vojničke muhe u hranidbi brojlera pokazala je obećavajuće rezultate u smislu rasta i razvoja. Studije su pokazale da dodavanje ovog ulja u hranidbu može poboljšati omjer konverzije, što ukazuje na to da brojleri efikasnije koriste hranjive tvari za rast. Također, neka istraživanja sugeriraju na mogućnost povećanja tjelesne mase brojlera koji konzumiraju dijetu obogaćenu uljem ličinki, što bi moglo dovesti do boljih ekonomskih rezultata u proizvodnji. Osim toga, karakteristike trupa, uključujući masnoću trupa i raspodjelu mišićnog tkiva, također su pokazale poboljšane rezultate. Ulje ličinki crne vojničke muhe sadrži visoku razinu laurinske kiseline, masne kiseline koja može potaknuti bolju obradu i kvalitetu mesa, dajući brojlerima povoljniji profil tjelesne masnoće. Korištenje ulja ličinki crne vojničke muhe može pozitivno utjecati na sastav masnih kiselina u piletini, čineći meso nutritivno vrijednijim. Meso se obogati srednje lančanim masnim kiselinama, posebno laurinskom masnom kiselinom, koja se povezuje s brojnim zdravstvenim koristima u prehrani ljudi, uključujući antimikrobna svojstva. Ove promjene

u profilu masnih kiselina mogu doprinijeti smanjenju zasićenih masnih kiselina i povećanju udjela zdravih masnoća, čime se povećava nutritivna vrijednost mesa za potrošače. Zdravlje crijeva je ključno za optimalnu učinkovitost proizvodnje brojlera, a ulje ličinki crne vojničke muhe može igrati važnu ulogu u poticanju crijevnog zdravlja. Laurinska masna kiselina ima sposobnost suzbijanja patogenih bakterija, potičući time zdraviju crijevnu mikrofloru. Ovo antimikrobno djelovanje može smanjiti učestalost crijevnih bolesti, poboljšati apsorpciju hranjivih tvari i na koncu poboljšati opće zdravstveno stanje brojlera. Također, smanjenje upalnih procesa u crijevima može doprinijeti boljem imunološkom odgovoru, čineći ptice otpornijima na bolesti. Zbog svih gore navedenih razloga može se reći da ulje ličinki crne vojničke muhe predstavlja inovativan i održiv izvor masti u hranidbi brojlera, s potencijalnim koristima za rast i karakteristike trupa, nutritivni profil mesa i zdravlje crijeva.

3.1.4. Prednosti i nedostaci u primjeni ličinki crne vojničke muhe u hranidbi peradi

U kontekstu globalnih izazova poput klimatskih promjena, gubitka bioraznolikosti i pritiska na prirodne resurse, traženje održivih izvora proteina za hranidbu životinja, a time i ljudi postaje ključno. Ličinke crne vojničke muhe predstavljaju obećavajući alternativni izvor proteina zbog svoje sposobnosti da se hrane organskim otpadom, pretvarajući ga u visokokvalitetne proteine i masti (Patterson i sur., 2021.). Uzgoj crne vojničke muhe manje je zahtjevan po pitanju zemljišta i vode u usporedbi s uzgojem soje, što smanjuje pritisak na prirodne resurse. Dodatno, ličinke mogu pomoći u upravljanju organskim otpadom, smanjujući emisije stakleničkih plinova povezane s njegovim propadanjem (Vauterin i sur., 2021.). Ova sposobnost recikliranja otpada u korisne hranjive tvari čini crnu vojničku muhu privlačnim rješenjem za održivu poljoprivredu. Potencijal upotrebe crne vojničke muhe u peradarstvu je velik. S obzirom na rastuće cijene konvencionalnih izvora proteina i sve veću svijest o potrebi za održivom proizvodnjom, ličinke crne vojničke muhe mogu predstavljati ključnu komponentu budućnosti peradarske industrije. Osim što pružaju kvalitetan izvor proteina, crne vojničke muhe također mogu poboljšati zdravlje i dobrobit peradi, zahvaljujući prisutnosti specifičnih masnih kiselina i pozitivnog utjecaja na crijevnu mikrofloru (Biasato i sur., 2020.). Dok sojina sačma trenutno dominira kao primarni izvor proteina u peradarskoj industriji, njena proizvodnja suočava se s brojnim održivim izazovima, uključujući degradaciju tla, potrošnju vode i gubitak bioraznolikosti. Međutim, postoji nekoliko

izazova povezanih s upotrebom crne vojničke muhe u hranidbi brojlera, uključujući potrebu za standardizacijom proizvodnih praksi, osiguravanjem kvalitete i sigurnosti hrane, te prihvaćanjem od strane potrošača. Također, potrebna su dodatna istraživanja kako bi se potpuno razumjeli nutritivni profili i optimalne razine i omjeri crne vojničke muhe u hranidbi brojlera (Vauterin i sur., 2021.)

3.2. Korištenje brašna skakavaca i cvrčaka u hranidbi peradi

3.2.1. Skakavci i cvrčci kao alternativni izvori proteina u hranidbi brojlera

Utjecaj hranjenja pilića brojlera skakavcima predstavlja inovativni pristup u poljoprivredi koji otvara nove mogućnosti za unapređenje proizvodnje mesa. Amobi i sur. (2020.) su proveli istraživanje utjecaja zamjene ribljeg brašna brašnom od skakavaca na proizvodne pokazatelje u tovu pilića (konverziju hrane, prirast, kao i na različite tjelesne mjere). Istraživanje navedenih autora baziralo se na 72 pilića provenijencije Arbor Acres koji su podijeljeni u tri pokusne skupine. Po skupini je bilo 24 pileta, a skupina je imala 8 ponavljanja sa po 3 pileta u ponavljanju. Svaka skupina konzumirala je posebno dizajniranu hranu. Smjese su bile izbalansirane na 20,1 % sirovih proteina. Kontrolna smjesa (A) u svom sastavu imala je 100 % riblje brašno bez brašna od skakavaca, B skupina pilića konzumirala je smjesu s 50 % ribljeg brašna i 50 % brašna od skakavaca, dok je skupina C dobivala smjesu s 0 % ribljeg brašna i 100 % brašna od skakavaca. Rezultati istraživanja pokazali su poboljšanje u završnoj masi pilića koji su hranjeni krmnom smjesom s uključenim skakavcima u hranidbu, u usporedbi s kontrolnom grupom koja je hranjena isključivo ribljim brašnom (A= 1908,10g; B=2100,15g i C=2340,12g; P>0,05). Značajnu razliku autori navode u konverziji hrane koja je bila znatno povoljnija u skupini C u odnosu na ostale ispitivane skupine (C=1,83; B=2,26 i A=2,71; P<0,05). Slične rezultate dobili su i Brah i sur. (2018.) koji su proveli pokus u kojem su koristili brašno od skakavaca (*Ornithacris cavourisi*) kao zamjenu za riblje brašno u hranidbi brojlera tijekom razdoblja od 49 dana. Ukupno 360 jednodnevnih brojlera vrste Cobb 500 korišteno je u eksperimentu. Riblje brašno zamijenjeno je brašnom od skakavaca u omjerima od 0 % (kontrola), 25 %, 50 %, 75 % i 100 % u hranidbi pilića. Eksperiment je imao 5 tretmana (G0, G25, G50, G75 i G100) raspoređenih u 20 kaveza s 18 ptica po kavezu i sa 4 ponavljanja po tretmanu. Tijekom 49 dana, tjelesna težina,

probavljivost i ekonomska učinkovitost hranidbe G0, G25 i G50 bili su slični. Tijekom svih eksperimentalnih faza, ptice hranjene s G0 konzumirale su više hrane za otprilike 6,12, 34 i 13 % od brojlera hranjenih G25, G50, G75 i G100. Usprkos tome, postupna zamjena ribljeg brašna s brašnom od skakavaca značajno je smanjila konačnu živu masu na kraju faze rasta ($p < 0,05$). Brojleri G75 su imali najnižu konačnu tjelesnu težinu u usporedbi s G0, G25, G50 i G100 za približno 40, 33, 30 i 26 %. Međutim, konačne težine živih brojlera G0, G25 i G50 nisu se značajno razlikovale. Uočena je negativna korelacija između hranidbe brojlera krmivom sa skakavcima i prosječnog dnevnog prirasta. U fazi rasta, vrijednosti prosječnog dnevnog prirasta nisu se značajno razlikovale ($p > 0,05$) za brojlere hranjene G0, G25, G50 i G100. Tijekom 49 dana eksperimenta, prosječni dnevni prirast brojlera bio je 36 g/dan. Brojleri hranjeni G0 imali su najveći prirast (46 g/dan). Njihov prosječni dnevni prirast bio je veći od G25, G50, G75 i G100 grupa koje su imale otprilike 15, 19,46 odnosno 24 % manji prirast. Međutim, nije bilo značajnije razlike u vrijednostima između G25, G50 i G100 brojlera. U grupama hranjenim skakavcima povećao se omjer konverzije krmne smjese linearnom korelacijom. Brojleri hranjeni G0 imali su nižu konverziju za približno 11, 8, 27 i 16 % u usporedbi s onima koji su hranjeni G25, G50, G75 i G100, redom. Važno je naglasiti i ekološku održivost korištenja skakavaca kao hrane za piliće. Uzgoj skakavaca zahtijeva manje resursa u usporedbi s tradicionalnim izvorima proteina, poput ribljeg brašna, što uključuje manje potrebe za zemljištem, vodom i hranom. Osim toga, skakavci se mogu uzgajati na otpadu hrane, čime se dodatno smanjuje ekološki otisak proizvodnje hrane za piliće. U zaključku, hranjenje pilića brojlera sa skakavcima predstavlja obećavajući pristup koji može doprinijeti održivijoj i ekonomičnijoj proizvodnji piletine. Ova metoda ne samo da pruža visokokvalitetan izvor proteina za piliće, već također pridonosi smanjenju ovisnosti o konvencionalnim izvorima proteina koji su skuplji i manje održivi. Usvajanje takvih inovativnih praksi u poljoprivredi može biti ključno za zadovoljenje rastuće globalne potražnje za hranom.

3.2.2. Skakavci i cvrčci kao alternativni izvori proteina u hranidbi kokoši nesilica

Brah i sur. (2017.) su proveli studiju u kojoj su istražili potencijalne učinke postupnog zamjenjivanja ribljeg brašna brašnom skakavaca u hranidbi nesilica. Proizvodnja jaja i kvaliteta jaja procjenjivani su tijekom 4 mjeseca na 140 nesilica ISA Brown stare 20 tjedana s prosječnom

početnom tjelesnom težinom od 1.386 ± 10 g na početku eksperimenta. Kokoši su hranjene s 5 krmnih smjesa u kojima je riblje brašno postupno zamijenjeno brašnom skakavaca. Kokoši su nasumično raspoređene u 20 kaveza s po 4 kaveza sa istom hranidbom i 7 kokoši po kavezu. Riblje brašno (FM) zamijenjeno je brašnom skakavaca (GM) u omjeru od 0, 25, 50, 75 i 100 % kako bi se dobili G0 (Kontrola), G25 (25 % GM + 75 % FM), G50 (50 % GM + 50 % FM), G75 (75 % GM + 25 % FM) i G100 (100 % GM + 0 % FM). Tijekom trajanja eksperimenta od 4 mjeseca, stopa nesenja, dnevni unos hrane, učinkovitost hrane i efikasnost, težina jaja i indeks oblika, visina bjelanjka i debljina ljuske jajeta bili su statistički značajni ($P > 0,05$) za sve kokoši. Osim toga, dijetete koje su sadržavale brašno skakavaca (G25, G50, G75 i G100) poboljšale su boju žumanjka i Haugh jedinicu u usporedbi s kontrolnom dijetom (G0). Razvoj proizvodnje peradi bio je vrlo brz tijekom posljednja dva desetljeća u zemljama u razvoju, posebno u pod-saharskoj Africi. Dostupnost žitarica i proteina potrebnih za proizvodnju hrane za perad glavno je ograničenje za ovaj razvoj. Osim toga, krmiva za perad predstavljaju više od 70 % varijabilnih troškova proizvodnje mesa i jaja. Skakavci imaju veliki potencijal kao povoljniji izvor proteina zato se u zemljama u razvoju razmatraju kao sastojak hrane i glavni izvor proteina. Njihov sastav aminokiselina prednost je za hranu za perad, posebno sadržaj lizina, metionina i cistina. Osim toga, skakavci sadrže značajnu količinu različitih karotenoida koji su izvori vitamina A i mogu igrati važnu ulogu u boji žumanjka, imunološkom odgovoru i reprodukciji. Kemijska analiza pokazala je da su suha tvar i sirovi protein bili 1,94 % i 8,14 % viši u ribljem brašnu nego u brašnu od skakavaca. Međutim, zamjena ribljeg brašna brašnom od skakavaca nije utjecala na stopu nesenja u ovom istraživanju. Proteinski sadržaj u ribljem brašnu i brašnu od skakavaca bio je dovoljno sličan da podrži stopu nesenja. Osim toga, zamjena ribljeg brašna brašnom od skakavaca nije značajno utjecala na dnevni unos hrane kod nesilica. Upotreba brašna od skakavaca poboljšala je komercijalnu kvalitetu jaja poboljšavajući boju žumanjka zbog karotenoida pronađenih u brašnu od skakavaca. Karotenoidi daju boju žumanjku. Međutim, karotenoidi se ne mogu sintetizirati kod kokoši; ovisni su o opskrbi hranidbom. Kalcij je važan za formiranje ljuske jaja. Debljina ljuske jaja u ovoj studiji nije se značajno razlikovala među tretmanima unatoč visokom sadržaju minerala u brašnu od skakavaca u usporedbi s ribljim brašnom. Prisutnost hitina u brašnu od skakavaca može utjecati na apsorpciju nekih od tih minerala (kalcij i fosfor). Brašno od skakavaca može zamijeniti riblje brašno u hranidbi nesilica do 100 % bez utjecaja na unos hrane, proizvodnju jaja, učinkovitost i iskoristivost hrane te kvalitetu jaja. Osim

toga, upotreba brašna od skakavaca u hranidbi nesilica može poboljšati komercijalnu kvalitetu jaja.

3.2.3. Prednosti i nedostaci u primjeni brašna skakavaca i cvrčaka u hranidbi peradi

Korištenje krmnih smjesa s dodatkom brašna od skakavaca kao zamjene za sojino ili riblje brašno u hranidbi peradi novi je trend koji privlači pažnju u sektoru peradarstva zbog svojih potencijalnih ekoloških i ekonomskih prednosti. Uz rastuću potražnju za održivim izvorima hrane i sve veću svijest o utjecaju tradicionalne stočarske proizvodnje na okoliš, dizajniranje i korištenje krmnih smjesa s brašnom od skakavaca ističe se kao obećavajuća alternativa. Ova inovativna promjena donosi sa sobom različite pozitivne aspekte, ali i određene izazove koji zahtijevaju pažljivo razmatranje. S obzirom na nutritivni sastav, krmna smjesa koja sadrži brašno cvrčaka i skakavaca ima visok udio proteina i sadrži impresivan spektar esencijalnih aminokiselina, poput lizina, metionina i cistina, koje su važne za nesivost (Brah i sur., 2017.). Usporedba nutritivne vrijednosti krmne smjese s dodatkom brašna od skakavaca s tradicionalnim izvorima proteina kao što su soja i riblje brašno otkriva da skakavci mogu pružiti sličan ili čak bolji profil aminokiselina, što ih čini privlačnim izborom za dizajniranje visokokvalitetnog krmiva za perad (Brah i sur., 2018.). Ekološka održivost još je jedan važan faktor koji ide u prilog korištenju krmnih smjesa za perad koje sadrže brašno od skakavaca. Za razliku od soje, čiji uzgoj često zahtijeva velike površine zemlje i intenzivnu upotrebu pesticida i vode, uzgoj skakavaca na za to specijaliziranim farmama, zahtijeva znatno manje resursa. Skakavci se efikasno iskorištavaju jer razvojni ciklus od jaja do odrasle životinje vrlo brz i efikasan. Za svoj rast i razvoj skakavci troše manje vode i hrane po kilogramu dobivenog proteina u usporedbi s tradicionalnim izvorima proteina. Osim toga, skakavci se mogu uzgajati na neiskorištenim ili marginalnim zemljištima, čime se smanjuje pritisak na poljoprivredna područja i doprinosi očuvanju biološke raznolikosti (Amobi i sur., 2020.).

3.3. Korištenje algi u hranidbi peradi

3.3.1. Alge kao alternativni izvor proteina u hranidbi brojlera

Utjecaj dodatka brašna algi, posebno *Spiruline platensis*, na hranidbu pilića brojlera područje je koje privlači sve veću pozornost istraživača i proizvođača u industriji peradi. Spirulina, plavo-zelena alga poznata po svojem bogatom sadržaju proteina, esencijalnih aminokiselina, masnih

kiselina, minerala i vitamina, pokazala je obećavajuće rezultate kao dodatak hranidbi u poboljšanju performansi rasta, zdravlja i ukupne produktivnosti pilića brojlera. Istraživanje provedeno s ciljem utvrđivanja utjecaja *Spiruline platensis* na produktivne performanse i neke fiziološke odgovore pilića brojlera otkrilo je značajne prednosti. U eksperimentu Fathi i sur. (2018.) je sudjelovalo 200 pilića brojlera Cobb pasmine, podijeljenih u pet skupina, od kojih su četiri dobivale različite koncentracije *Spiruline platensis* kao dodatak osnovnoj hranidbi. Rezultati su pokazali da su pilići koji su konzumirali hranu sa Spirulinom postigli bolje vrijednosti tjelesne težine, prirasta težine, konverzije hrane, imunoloških organa, krvnih parametara i mikrobiološkog opterećenja u usporedbi s kontrolnom grupom. Dodavanje Spiruline u hranidbu pilića brojlera pokazalo je značajan potencijal u poboljšanju rasta i ukupnih performansi. Kao izvor visokovrijednih proteina, Spirulina je poboljšala konverziju hrane, što ukazuje na to da je hranidba bila učinkovitije iskorištena za rast pilića. Osim toga, prisutnost esencijalnih aminokiselina, vitamina i minerala u Spirulini doprinijela je poboljšanju zdravstvenog statusa pilića, smanjenju pojave bolesti i jačanju imunološkog sustava, što se odražava na bolje vrijednosti imunoloških organa i krvnih parametara. *Spirulina platensis* pokazala je i antimikrobna svojstva, smanjujući broj patogenih bakterija poput *E. coli* u crijevima pilića, dok je istovremeno poticala rast korisnih bakterija poput *Lactobacillus*. Ovo ukazuje na potencijal Spiruline da djeluje kao prirodni probiotik, poboljšavajući crijevnu mikrofloru i zdravlje crijeva, što je ključno za optimalnu apsorpciju hranjivih tvari i ukupno zdravlje pilića. S ekonomskog gledišta, dodavanje *Spiruline platensis* u hranidbu pilića brojlera pokazalo se kao isplativo ulaganje. Iako početni troškovi mogu biti viši zbog cijene same Spiruline, poboljšana konverzija hrane, bolji rast i smanjena potreba za veterinarskim intervencijama zbog poboljšanog zdravstvenog statusa pilića mogu dovesti do smanjenja ukupnih troškova proizvodnje. Osim toga, poboljšanje kvalitete mesa i potencijalno veća tržišna vrijednost krajnjeg proizvoda čine spirulinu isplativom.

3.3.2. Alge kao alternativni izvor proteina u hranidbi kokoši nesilica

Korištenje morskih algi, posebno *Spirulina platensis*, kao dodatak hranidbi koka nesilica može imati značajan učinak na kvalitetu i boju žumanjka, dok ostali parametri poput produktivnosti, potrošnje hrane, omjera konverzije hrane, težine jaja, indeksa žumanjka, Haugh jedinice, deb-

ljine ljuske, težine ljuske, specifične gravitacije jaja, i kolesterola u žumanjku ne pokazuju značajne promjene. Prema provedenom istraživanju Zahroojian i sur. (2013.) dodavanje Spiruline u krmne smjese za nesilice nije imalo utjecaj na proizvodne pokazatelje. Jedina značajna promjena zabilježena je u boji žumanjka, gdje je dodavanje Spiruline rezultiralo značajnim povećanjem boje žumanjka. Rezultati pokazuju da koncentracije Spiruline od 2,0 do 2,5 % u hranidbi dovode do optimalne boje žumanjka (između 11,4 i 11,6 na skali boje žumanjka) već nakon 7 dana hranjenja, a boja žumanjka ostaje stabilna sve dok se suplementacija nastavlja. S obzirom na ekonomski aspekt, Spirulina se preporučuje kao prirodan izvor karotenoida, efikasan u bojenju žumanjaka, što može biti posebno atraktivno za tržišta koja favoriziraju tamniju boju žumanjaka. Korištenje Spiruline kao dodatka hranidbi može također odgovoriti na rastuću potražnju za prirodnijim i održivijim izvorima hrane. Ovi nalazi ukazuju na potencijal Spiruline kao korisnog dodatka u hranidbi koka nesilica, posebno za poboljšanje estetskih svojstava jaja bez negativnih učinaka na performanse proizvodnje. Takav pristup može omogućiti proizvođačima jaja da zadovolje specifične zahtjeve tržišta i istovremeno pridonose održivijoj proizvodnji.

3.3.3. *Ulje algi kao alternativni izvor masti u smjesama za brojlere*

Omega-3 masne kiseline igraju ključnu ulogu u prehrani ljudi, s pozitivnim učincima na zdravlje srca, mozga i drugih tjelesnih funkcija. Yan i Kim (2013.) su proveli istraživanje o utjecaju dodatak mikroalgi u smjese za tovne piliće na prirast, krvni profil, kvalitetu mesa i sastav masnih kiselina. Istraživanje je provedeno na 300 pilića provenijencije Ross 308 koje su podjeljeni u 3 pokusne skupine. Prva skupina pilića je konzumirala kontrolnu hranu (CON), druga skupina pilića konzumirala je smjesu koja je dizajnirana kao kontrolna+0,1 % praha mikroalge *Schizochytrium* JB5 (MA 0,1) i treća skupina pilića konzumirala je smjesu kontrola+0,2 % mikroalge *Schizochytrium* JB5 (MA 0,2). Svaka skupina u pokusu imala je ukupno 100 pilića, podijeljenih u pet ponavljanja. Uključivanje mikroalgi u krmne smjese za piliće utjecalo je na broj limfocita koji je bio veći u pokusnim skupinama u odnosu na kontrolnu ($P < 0,05$). Sastav stearinske masne kiseline u mesu prsa tovnih pilića bio je značajno niži u tretmanu MA 0,1 u odnosu na tretman CON ($P < 0,05$). Dodatak mikroalgi u krmne smjese za tov pilića povećao je sadržaj oleinske, DHA, ukupnih n-3 PUFA i ukupnih nezasićenih masnih kiselina u bijelom mesu MA 0,1 i MA 0,2 u odnosu na kontrolnu skupinu ($P < 0,05$). Dodatak mikroalgi u krmne smjese za tov pilića

smanjio je omjer n6/n3 PUFA u bijelom mesu pilića, tako što je najveći omjer zabilježen u CON skupini i iznosio je 15,84 što je za 34 % više u odnosu na MA 0,1 skupinu gdje je zabilježen omjer od 10,45, odnosno za 39,20 % više u odnosu na skupinu MO 0,2 gdje je zabilježen omjer od 9,63 ($P < 0,05$). Dodatak mikroalgi u krmne smjese za perad utjecao je na smanjenje omjera SFA/USFA koji se značajno smanjio u pokusnim skupinama u odnosu na kontrolnu skupinu (MO 0,2 0,74 : MO 0,1 0,73 : CON 0,89; $P < 0,05$). Daljnja istraživanja trebala bi se fokusirati na optimizaciju doza mikroalgi i proučavanje dugoročnih učinaka na zdravlje peradi i kvalitetu mesa.

3.3.4. Prednosti i nedostaci u primjeni algi u hranidbi peradi

Korištenje algi u proizvodnji jaja i pilića u posljednje vrijeme privlači sve veću pažnju zbog njihovih potencijalnih prednosti u poboljšanju kvalitete proizvoda i održivosti proizvodnje. *Spirulina platensis*, vrsta plavo-zelene alge, ističe se kao jedan od najperspektivnijih dodataka hranidbi u peradarstvu zbog svoje izuzetne nutritivne vrijednosti, uključujući visok udio proteina, esencijalnih aminokiselina, vitamina, minerala i antioksidansa. Ova alga kao krmivo pokazala je obećavajuće rezultate u poboljšanju zdravlja i performansi peradi, ali kao i intervencija u sprječavanju razvoja bolesti (Fathi i sur., 2018.). Prednosti upotrebe algi u stočarstvu su mnogobrojne. Prije svega, alge kao što je Spirulina mogu značajno obogatiti hranidbu peradi, pružajući im sve potrebne hranjive tvari za optimalan rast, razvoj i zdravlje. Povećanje nutritivne vrijednosti hrane za životinje može dovesti do boljih performansi rasta, veće produktivnosti i bolje kvalitete mesa i jaja. Primjerice, dodatak Spiruline u hranidbu koka nesilica dokazano povećava boju žumanjka, čineći jaja vizualno privlačnijima za potrošače, što je posebno važno na tržištima gdje tamnija boja žumanjka predstavlja znak kvalitete (Zahroojian i sur., 2013.). Jedan od glavnih izazova je visoki trošak proizvodnje i obrade algi, što može povećati cijenu hrane za životinje i smanjiti ekonomsku isplativost peradarske proizvodnje (Fathi i sur., 2018.). Također, potrebna su dodatna istraživanja kako bi se utvrdili optimalni uvjeti uzgoja i korištenja algi u stočarstvu, uključujući najefikasnije količine i načine aplikacije u hranidbi različitih vrsta peradi. Osim ekonomskih i tehničkih izazova, važno je razmotriti i potencijalne zdravstvene rizike povezane s nekontroliranom upotrebom algi. Kao i kod svih dodataka krmivima, postoji mogućnost kontaminacije algi teškim metalima i drugim štetnim tvarima ako se ne provode

odgovarajuće kontrole kvalitete. Stoga je ključno osigurati strogi nadzor nad uzgojem i preradom algi kako bi se peradi pružila sigurna i zdrava hranidba (Katsara i sur., 2024.).

3.4. Korištenje vodene leće u hranidbi peradi

Vodena leća (*Lemna spp.*) bogata je proteinima, s udjelom suhe tvari koji može varirati od 25 % do 45 % proteina, što je usporedivo s drugim biljnim (sojina sačma) i životinjskim krmivima (riblje brašno) koje u krmnim smjesama za perad koristimo kao izvor proteina. Vodena leća sadrži esencijalne aminokiseline, poput lizina, međutim sadrži malo metionina koji je često nedostatan i u biljnim proteinima. Ovaj nedostatak metionina može se nadoknaditi dodatkom umjetnih aminokiselina u krmne smjese za perad.



Slika 3: Vodena l

eća (*Lemna spp.*)

Izvor: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Vodena_le %C4 %87a](https://hr.wikipedia.org/wiki/Vodena_le%C4%87a)

3.4.1. Vodena leća kao alternativni izvor proteina u hranidbi brojlera

Vodena leća (*Lemna spp.*) postaje sve važniji izvor proteina u hranidbi brojlera. Kao alternativa tradicionalnim izvorima proteina, poput sojine sačme i ribljeg brašna, vodena leća pokazuje značajne prednosti, uključujući niže troškove proizvodnje. Istraživanje Ahammada i sur. (2003.)

pokazalo je da se vodena leća može koristiti kao djelomična zamjena za sojinu sačmu ili riblje brašno u hranidbi brojlera bez negativnog utjecaja na rast i zdravlje pilića. Navedeni autori u svom istraživanju imali su 4 skupine pilića. Dodavanje vodene leće do 10 % u hranidbi brojlera pokazalo je usporedive rezultate s kontrolnim dijetama, uključujući tjelesnu težinu i konverziju hrane. U nekim slučajevima, čak je zabilježeno poboljšanje u pigmentaciji kože, što može biti korisno za tržišnu vrijednost brojlera. Vodena leća ne samo da pruža ekonomsku i nutritivnu vrijednost, već također doprinosi smanjenju ekološkog otiska stočarske proizvodnje. Može se uzgajati u sustavima za pročišćavanje otpadnih voda, gdje upija nutrijente i pridonosi smanjenju zagađenja voda. Ova sposobnost čišćenja voda čini vodenu leću izuzetno korisnom u integriranim agroekosustavima. Unatoč mnogim prednostima, korištenje vodene leće u hranidbi brojlera nosi i potencijalne rizike. Zbog svoje sposobnosti akumulacije teških metala iz vodenih tijela, važno je kontrolirati kvalitetu vode u kojoj se vodena leća uzgaja kako bi se izbjegla kontaminacija hrane za životinje, a time i samog mesa za prehranu ljudi. Također, potrebno je više istraživanja o optimalnim uvjetima uzgoja i obrade vodene leće za stočnu hranu. Vodena leća predstavlja obećavajući izvor proteina za brojlere, s potencijalom za smanjenje troškova hrane i poboljšanje održivosti proizvodnje. Njena sposobnost integracije u ekološki prihvatljive sustave uzgoja čini je atraktivnom opcijom za budućnost. Međutim, važno je nastaviti istraživanja kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost vodene leće kao komponente u hranidbi brojlera, posebno u kontekstu njezine uloge u zamjeni konvencionalnih izvora proteina.

3.4.2. *Vodena leća kao alternativni izvor proteina u hranidbi kokoši nesilica*

Vodena leća (*Lemna spp.*) u uzgoju nesilica i u proizvodnji jaja postaje jedno od važnih alternativnih izvora proteina. Različite studije bavile su se prednostima korištenja vodene leće u smjesama za kokoši nesilice na proizvodnju i kvalitetu jaja. Istraživanje koje su provodili Anderson i sur. (2011.) u fokusu je imalo proučiti utjecaj uporabe vodene leće u hranidbi kokoši nesilica na proizvodnju i sastav jaja. Autori su u istraživanju imali 2 skupine kokoši Leghorn, provenijencije. Ukupno je korišteno 60 nesilica, 30 po skupini. Svaka skupina konzumirala je posebno pripremljenu smjesu. Smjese su se razlikovale u sadržaju vodene leće. Kontrolna skupina nesilica (C) konzumirala je smjesu bez dodatka vodene leće, dok je pokusna skupina nesilica (D) dobivala smjesu s 12,6 % vodene leće. Smjese su bile izbalansirane na 18,5 % sirovih

proteina i 2904 kcal/kg metaboličke energije. Pokusno razdoblje trajalo je 12 tjedana. Na početku pokusa nesilice su bile u dobi 76 tjedana, a na kraju u dobi od 88 tjedana. Autori navode da je veći broj jaja i intenzitet nesivosti bio u P skupini (60 komada i 71,1 %) u odnosu na K skupinu (59 komada i 69,5 %), no zabilježena razlika nije bila značajna ($P > 0,05$). Svježina jaja tijekom pokusnog perioda bila je promjenjiva samo u razredu svježine B, gdje je pokusna skupina imala značajno veći broj jaja u odnosu na kontrolnu. Manje oštećenje ljuske bilo je kod P skupine u odnosu na skupinu K, ali razlika nije bila značajna ($P > 0,05$) dok je čvrstoća ljuske jaja bila ujednačena ($K = 3031 \text{ g} : P = 3170 \text{ g}$). Masa jaja bila je ujednačena u obje skupine, no boja žumanjka značajno je intenzivnija u pokusnoj skupini u odnosu na kontrolnu (11 : 7; $P < 0,001$). Kemijski sastav jaja bio je ujednačen u obje skupine, međutim značajno veći sadržaj omega 3 PUFA imala su jaja pokusne skupine ($P < 0,001$). Također je važno za naglasiti da je pokusna skupina imala manje vrijednosti kolesterola od kontrolne skupine (363 mg/100g u odnosu na 371 mg/100g; $P > 0,05$). Autori ističu da postoji opravdanost korištenja vodene leće u udjelu od 12,6 % u smjesama za kokoši nesilice jer pozitivno djeluje na neke pokazatelje kvalitete jaja. Iram i sur. (2015.) ističu da vodena leća sadrži esencijalne aminokiseline koje su ključne za pravilnu hranidbu peradi. Međutim, važno je napomenuti da razina metionina (esencijalne aminokiseline često ograničene u biljnim proteinima) može biti niža u vodenoj leći u usporedbi s drugim izvorima proteina. Ovo može zahtijevati dodatne suplemente u hranidbi peradi kako bi se osiguralo optimalno zdravlje i produktivnost. Jedan od izazova u korištenju vodene leće kao stočne hrane je njezina sposobnost akumulacije teških metala i toksičnih spojeva iz vodenog okoliša. Ovi kontaminanti mogu ograničiti njenu upotrebu u hranidbi peradi ako se ne provodi temeljito testiranje i kontrola kvalitete. Primjerice, visoke koncentracije teških metala mogu imati negativne učinke na zdravlje peradi i sigurnost hrane, posebice u pogledu kvalitete jaja. Korištenje vodene leće kao izvora proteina ne samo da može biti korisno u smanjenju ovisnosti o tradicionalnim, često skupim izvorima proteina poput ribljeg brašna ili soje, već također ima i pozitivne ekološke učinke. Vodena leća može biti uzgajana u sustavima za pročišćavanje vode, čime se pridonosi smanjenju onečišćenja i poboljšanju kvalitete vode. Također, njena proizvodnja ne zahtijeva upotrebu velikih količina pesticida ili herbicida, čime se smanjuje ekološki otisak proizvodnje hrane. Akter i sur. (2011.) također su proveli slično istraživanje Andersonu i sur. (2011.) u kojem su proučili učinak krmiva sa primjesom sušene vodene leće (*Lemna minor*). Istraživanje je provedeno u hranidbi peradi na razinama od 0, 50, 70, 110, 130 i 150 g kg-

1 u 16-tjednom pokusu hranjenja. 42 Star Cross nesilice slične dobi i istog genetskog podrijetla su korištene u pokusu. Rezultati kemijske analize otkrili su da je krmivo sa vodenom lećom dobar izvor proteina (355,4 g/kg) s malom količinom vlakana (42,6 g/kg) i umjeren izvor energije (10,53 MJ/kg). Pigmentacija žumanjka povećavala se s povećanjem razine LMM-a, a najviša ocjena boje žumanjka (4,5) postignuta je u skupini sa 150 g kg⁻¹ LMM-a. Rezultati ukazuju da se vodena leća može smatrati izvorom proteina i pigmenta za nesilice bez štetnih učinaka na proizvodne performanse do razine od 130 g kg⁻¹ i na karakteristike kvalitete jaja do razine od 150 g kg⁻¹. Porast mase nesilica uočen je u grupi sa 130 g kg⁻¹ vodene leće u krmivu ($P > .05$). Ptice u kontrolnoj grupi su imale značajno ($P > .05$) najveći unos krmiva tijekom eksperimentalnog razdoblja (760 g tjedan⁻¹) u usporedbi s onima od 130g i 150g LMM kg⁻¹. Nesivost je značajno ($P > 0,01$) smanjena u grupama koje su primale 90, 110 ili 150 g LMM-a u krmivu, dok su oni koji su primili 130 g imali sličnu nesivost kontrolnoj grupi.. Čini se da se težina jaja među različitim skupinama prehrane nije se bitno razlikovala. Omjer konverzije hrane značajno je poboljšán ($P > 0,05$) u skupini koja je konzumirala 130 g LMM; značajno je lošiji u grupi hranjenoj sa 90 g LMM i sličan je s drugim skupinama. Sve su ptice bile zdrave i stoga nije bilo smrtnosti tijekom probnog razdoblja od 16 tjedana. Uzimajući u obzir dostupne dokaze, vodena leća predstavlja obećavajuću alternativu konvencionalnim izvorima proteina za kokoši nesilice. Njezina primjena može pridonijeti ekonomičnijoj i ekološki prihvatljivijoj proizvodnji jaja, uz potencijalno poboljšanje nutritivne vrijednosti jaja. Međutim, važno je provesti daljnja istraživanja kako bi se u potpunosti razumjeli svi učinci vodene leće na perad, kao i kako bi se osiguralo da su rizici povezani sa štetnim tvarima minimalni. Kroz pažljivo upravljanje i kontrolu, vodena leća bi mogla postati ključni dio održive poljoprivrede u bliskoj budućnosti.

3.4.3. Prednosti i nedostatci u primjeni vodene leće u hranidbi peradi

Vodena leća (*Lemna spp.*) sve više dolazi do izražaja kao obećavajući izvor hrane za perad u svijetu gdje su održivost i zaštita okoliša ključni izazovi. Brašno vodene leće koristi se kao alternativa tradicionalnim izvorima proteina brašnu soje i ribe. Vodena leća nudi brojne prednosti, ali i nosi određene nedostatke koji zahtijevaju pažljivo razmatranje. Jedna od glavnih prednosti vodene leće je njezina visoka nutritivna vrijednost. Bogata je proteinima, vitaminima i mineralima, što ju čini izvrsnom opcijom za hranidbu peradi. Sadrži esencijalne aminokiseline koje su

potrebne za zdrav rast i razvoj peradi, što može pridonijeti boljoj kvaliteti jaja (Akter i sur., 2011.). Ekološka održivost vodene leće također je značajna prednost. Ova biljka može rasti u vodama bogatim nutrijentima, što joj omogućuje da obogaćuje vodu kisikom i smanjuje onečišćenje voda. Osim toga, uzgoj vodene leće ne zahtijeva upotrebu pesticida ili herbicida, što smanjuje njezin ekološki otisak i čini ju atraktivnom opcijom za održive poljoprivredne prakse (Anderson i sur., 2011.). Vodena leća je također ekonomična opcija jer se brzo razmnožava i nije zahtjevna za uzgoj, čineći je relativno jeftinom u usporedbi s konvencionalnim izvorima hrane za perad. To može biti posebno korisno u zemljama koje ovise o uvozu skupih izvora proteina, jer lokalni uzgoj vodene leće može pomoći u smanjenju ovisnosti o uvozu i osigurati veću sigurnost hrane (Ahammad i sur., 2003.). Međutim, korištenje vodene leće kao hrane za perad nije bez nedostataka. Glavni nedostatak je potencijalna kontaminacija teškim metalima i drugim toksičnim tvarima koje vodena leća može akumulirati iz vodenog okoliša. Ovo postavlja rizike za zdravlje peradi i sigurnost hrane, što zahtijeva rigorozne mjere kontrole kvalitete i redovito testiranje. Drugi izazov je varijabilnost u nutritivnoj vrijednosti, koja može oscilirati ovisno o uvjetima uzgoja. Ovo može dovesti do nekonzistentnosti u kvaliteti hrane koja se daje peradi, što može utjecati na njihov rast i opće zdravstveno stanje. Stoga je važno razviti standardizirane metode uzgoja koje osiguravaju dosljednu kvalitetu i nutritivnu vrijednost vodene leće (Akter i sur., 2011.). Iako vodena leća nudi ekološki prihvatljivu i potencijalno isplativu alternativu tradicionalnim izvorima hrane za perad, njezina upotreba zahtijeva oprez. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se bolje razumjeli njezini učinci na zdravlje peradi i kako bi se minimizirali rizici povezani s kontaminacijom.

4. ZAKLJUČAK

Alternativni izvori proteina, poput ličinki crne vojničke muhe, algi, skakavaca, cvrčaka i vodene leće, ne samo da predstavljaju potencijal za smanjenje ekološkog otiska koji proizvodnja hrane za životinje ostavlja na planetu, već i otvaraju nove mogućnosti za poboljšanje nutritivne vrijednosti i ekonomske isplativosti proizvoda peradarske industrije. Uzgoj ličinki crne vojničke muhe koristi manje resursa od tradicionalnih izvora proteina poput soje, a istovremeno smanjuje količinu organskog otpada pretvarajući ga u visokokvalitetne proteine. S druge strane, alge kao Spirulina pružaju obilje hranjivih tvari uz minimalan utjecaj na okoliš, dok vodena leća nudi mogućnost uzgoja u kontroliranim vodenim sustavima, i doprinosi pročišćavanju same vode. Nutritivna vrijednost ovih alternativnih izvora također je važna. Ličinke crne vojničke muhe sadrže esencijalne aminokiseline potrebne za zdrav rast i razvoj peradi, dok alge kao što je Spirulina osiguravaju bogat izvor proteina, vitamina i minerala koji također pozitivno djeluju na proizvodne pokazatelje i kvalitetu proizvoda u tovu brojlera i proizvodnji konzumnih jaja. Ovi alternativni izvori proteina i masti mogu utjecati i na imunološke funkcije i opće zdravstveno stanje peradi, čime se smanjuje potreba za veterinarskim intervencijama. Međutim, unatoč brojnim prednostima, implementacija ovih alternativa suočava se s brojnim izazovima. Inicijalni troškovi, potreba za tehnološkim inovacijama, standardizacija proizvodnih procesa i osiguranje kvalitete proizvoda predstavljaju značajne prepreke. Ipak, najveći izazov bit će osiguranje prihvaćanja ovih novih praksi od strane potrošača i regulatornih tijela.

5. POPIS LITERATURE

1. Ahammad, M.U., Swapon, M.S.R., Yeasmin, T., Rahman, M.S., Ali, M.S. (2003.): Replacement of Sesame Oil Cake by Duckweed (*Lemna minor*) in Broiler Diet. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(16): 1450-1453
2. Ahmed, I., İnal, F., Riaz, R., Ahsan, U., Kuter, E., Usman A. (2023.): A Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as a Potential Alternative Protein Source in Broiler Diets. *Annals of Animal Science*, 23(4): 939-949.
3. Akter, M., Chowdhury, S. D., Akter Y., Khatun, M. A. (2011.) Effect of duckweed (*lemna minor*) meal in the diet of laying hen and their performance, *Bangladesh research publications journal*, 5(3): 252-261.
4. Alvarez, L. (2012.): The role of black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in sustainable waste management in Northern climates. Degree of Doctor of Philosophy, University of Windsor.
5. Amobi, M.I., Saleh, A., Okpoko, V.O., Abdullahi, A.M. (2020.): Growth performance of broiler chickens based on grasshopper meal inclusions in feed formulation. *The Zoologist*, 18: 39-43.
6. Anderson, K.E., Lowman, Z., Stomp, A.M., Chang, J. (2011.): Duckweed as a feed ingredient in laying hen diets and its effect on egg production and composition. *International Journal of Poultry Science*, 10(1): 4-7.
7. Beljan, A. (2022.): Upotreba insekata u hranidbi životinja, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zagreb, 2022.
8. Biasato, I., Ferrocino, I., Dabbou, S., Evangelista, R., Gai, F., Gasco, L., Cocolin, L., Capucchio, M.T., Schiavone, A. (2020.): Black soldier fly and gut health in broiler chickens: insights into the relationship between cecal microbiota and intestinal mucin composition. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11: 1-12.
9. Brah, N., Houndonougbo, F.M., Issa, S. (2018.): Grasshopper Meal (*Ornithacris cavroisi*) in Broiler Diets in Niger: Bioeconomic Performance. *International Journal of Poultry Science*, 17(3): 126-133.

10. Brah, N., Issa, S., Houndonougbo, F.M. (2017.): Effect of grasshopper meal on laying hens' performance and eggs quality characteristics. *Indian Journal of Animal Sciences*, 87(8): 1005-1010.
11. Fathi, M.A., Namra, M.M.M., Ragab, M.S., Aly, M.M.M. (2018.): Effect of dietary supplementation of algae meal (*spirulina platensis*) as growth promoter on performance of broiler chickens. *Egyptian Poultry Science Journal*, 38(2): 375-389.
12. Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C. (2011.): Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337–342.
13. <https://fuckala.hr/stetnici/dezinsekcija-muha/> (pristupljeno 27.05.2024.)
14. https://hr.wikipedia.org/wiki/Vodena_le_%C4%87a (pristupljeno, 24.05.2024.)
15. <https://www.tehnoeko.com.hr/5883/biorazgradivi-otpad-i-licinke-crne-vojnacke-muhe> (pristupljeno (23.05.2024.)
16. Iji, P., Ahıwe, E., Toghyani, M., Omede, A.A. (2017.): Alternative sources of protein for poultry nutrition. U: *Achieving sustainable production of poultry meat, Volume 2: Breeding and nutrition*, Applegate, T. (ur.), Burleigh Dodds Science Publishing, Sawston, Cambridge, 237-269.
17. Iram, S., Abrar, S., Ahmad, I., Khanam, T., Azim, A., Nadeem, M. (2015.). Use of duckweed growing on sewage water as poultry feed. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5 (1) : 1-8.
18. Katsara, A., Zkeri, E., Aloupi, M., Pappa, F. K., Matsoukas, C., Stasinakis, A.S. (2024.): Cultivation of the macrophyte *Lemna minor* and the microalgae *Chlorella sorokiniana* in thermal mineral waters: Biomass characteristics, radioisotopes and heavy metals content. *Environmental Pollution*. 349: 123881.
19. Kim, Y.B., Kim, D.H., Jeong, S.B., Lee, J.W., Kim, T.H., Lee, H.G., Lee, K.W. (2020.): Black soldier fly larvae oil as an alternative fat source in broiler nutrition. *Poultry Science*, 99(6): 3133-3143.

20. Makkar, H.P., Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P. (2014.): State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal feed science and technology*, 197: 1-33.
21. 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*, 72(9-10): 351-363.
22. Mutisya, M.M., Agbodzavu, M.K., Kinyuru, J.N., Tanga, C.M., Gicheha, M., Hailu, G., Salifu, D., Khan, Z., Niassy, S. (2021.): Can black soldier fly *Desmodium intortum* larvae-based diets enhance the performance of Cobb500 broiler chickens and smallholder farmers' profit in Kenya?. *Poultry Science*, 100(2): 420-430.
23. Patterson, P.H., Acar, N., Ferguson, A.D., Trimble, L.D., Sciubba, H.B., Koutsos, E.A. (2021.): The impact of dietary Black Soldier Fly larvae oil and meal on laying hen performance and egg quality. *Poultry science*, 100(8): 101272.
24. Sánchez-Muros, M.J., Barroso, F.G., Manzano-Agugliaro, F. (2014.): Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65: 16-27.
25. Schiavone, A., Dabbou, S., Petracci, M., Zampiga, M., Sirri, F., Biasato, I., Gai, F., Gasco, L. (2019.): Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on carcass traits, breast meat quality and safety. *Animal*, 13(10): 2397-2405.
26. Secci, G., Bovera, F., Nizza, S., Baronti, N., Gasco, L., Conte, G., Serra, A., Bonelli, A., Parisi, G. (2018.): Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. *Animal*. 12(3): 2191-2197.
27. Vauterin, A., Steiner, B., Sillman, J., Kahiluoto, H. (2021.): The potential of insect protein to reduce food-based carbon footprints in Europe: The case of broiler meat production. *Journal of Cleaner Production*, 320: 128799.
28. Yan, L., Kim, I. H. (2013.): Effects of dietary ω -3 fatty acid-enriched microalgae supplementation on growth performance, blood profiles, meat quality, and fatty acid composition of meat in broilers. *Journal of Applied Animal Research*, 41(4), 392-397.

29. Zahroojian, N., Moravej, H., Shivazad, M. (2013.): Effects of Dietary Marine Algae (*Spirulina platensis*) on Egg Quality and Production Performance of Laying Hens. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 15(7): 1353-1360.
30. Zelić, A., Kralik, Z., Kralik, G. (2018.): Utjecaj dodataka mikroalgi u hranu nesilica na sadržaj omega-3 masnih kiselina u jajima. U: *Agriculture in nature and environment protection*, 11. međunarodni znanstveno-stručni skup "Poljoprivreda u zaštiti prirode i okoliša", Jug, D., Brozović, B. (ur.), Glas Slavonije, Osijek. 128-132.