

Kukci kao alternativni izvor proteina u hranidbi peradi

Andrea Gross-Bošković¹*

Sažetak

Globalni porast potrošnje mesa, osobito mesa peradi, potaknut rastom broja stanovnika i promjenama prehrambenih navika, povećava potrebu za održivim i nutritivno vrijednim izvorima proteina u hranidbi životinja. Tradicionalna proteinska krmiva, poput sojinog i ribljeg brašna, suočena su s ekološkim, ekonomskim i logističkim ograničenjima, što otvara prostor za istraživanje alternativnih izvora proteina. U tom se kontekstu farmski uzgoj kukaca ističe kao održivo rješenje s potencijalom smanjenja opterećenja okoliša i učinkovitijeg iskorištavanja resursa.

Cilj ovog rada je prikazati mogućnosti primjene kukaca kao alternativnog izvora proteina u hranidbi tovnih pilića, s posebnim naglaskom na nutritivnu vrijednost, proizvodne rezultate i zakonodavni okvir. Kukci se odlikuju visokim udjelom sirovih proteina, povoljnim aminokiselinskim sastavom i dobrom probavljivošću, uz znatno niže zahtjeve za zemljištem, vodom i energijom u odnosu na konvencionalne izvore proteina. Posebna pozornost posvećena je ličinkama crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*), koje se zbog visokog sadržaja proteina i masti te mogućnosti uzgoja na nusproizvodima prehrambene industrije smatraju jednim od najperspektivnijih izvora.

Pregled dosadašnjih istraživanja pokazuje da djelomična zamjena sojinog i ribljeg brašna brašnom kukaca može osigurati jednake ili bolje proizvodne pokazatelje, uključujući prirast i konverziju hrane, bez negativnog utjecaja na zdravlje pilića. Rezultati recentnih istraživanja ukazuju na to da je djelomična zamjena sojinih proteina proteinima odmašćenog brašna ličinki *Hermetia illucens* u udjelu od 15 do 25 % optimalna, dok veći udjeli zamjene mogu nepovoljno utjecati na proizvodne rezultate.

Unatoč nutritivnim i ekološkim prednostima, šira primjena kukaca u hranidbi peradi uvjetovana je strogo definiranim zakonodavnim okvirom Europske unije, koji regulira sigurnost hrane, dopuštene supstrate za uzgoj i uporabu prerađenih animalnih proteina. Zaključno, kukci predstavljaju perspektivan i održiv izvor proteina u peradarskoj proizvodnji, uz potrebu za daljnjim istraživanjima i razvojem regulatornog okvira radi njihove šire primjene u hranidbi životinja.

Ključne riječi: meso peradi, alternativni izvori proteina, *Hermetia illucens*

Uvod

Zbog kontinuiranog porasta broja stanovnika u posljednjih nekoliko desetljeća, značajno se povećala i potrošnja hrane na svjetskoj razini, osobito mesa. Projekcije na globalnoj razini ukazuju na dodatni porast potražnje za mesom kao rezultat

povećanih primanja potrošača iz razvijenih zemalja te promjena u prehrambenim navikama stanovništva (Jozefiak i sur., 2016.; Allegretti i sur., 2018.; Sogari i sur., 2019.; Majdak i sur., 2019.). Navedeni razlozi upućuju na potrebu za dodatnim izvorom

¹ Dr. sc. Andrea Gross Bošković, HAPIH, Centar za sigurnost hrane, Osijek
*autor za korespondenciju: andrea.gross-boskovic@hapih.hr

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.; Allegretti i sur., 2018.; Caligiani i sur., 2018.; Abd El-Hack i sur., 2020.). Uz to, povećanje broja stanovnika uvjetuje i povećanje količine nastalog otpada, što je dodatno zabrinjavajuće pitanje u kontekstu očuvanja i zaštite okoliša. Jedna od inovativnih 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.).

S obzirom na očekivani porast broja stanovnika na svijetu, Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (Food and Agriculture Organisation, 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 Huis (2013.; 2015.) te Allegretti i sur. (2018.). Jedan od održivih izvora je i farmski uzgoj kukaca (van der Spiegel i sur., 2013.). Također, prema podacima FAO, kao i podacima brojnih drugih autora (Vane-Wright, 1991.; Ramos Elorduy i sur., 2002.; 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.

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 do 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.). Za tov pilića koriste se potpune krmne smjese čiji je zadatak osigurati energiju, proteine, vitamine, minerale i druge potrebne dodatke. 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 krmnim smjesama važan je odnos proteina i energetske vrijednosti. S 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 i masti. Udio pojedinih komponenti u hrani mijenja se ovisno o dobi pilića i mogućnosti metaboliziranja pojedinih hranidbenih komponenti. U Tablici 1. prikazan je kemijski sastav krmnih smjesa.

Tablica 1. Kemijski sastav krmnih smjesa (Kralik i sur., 2007.; Kralik i sur., 2011.)

Table 1 Chemical composition of feed mixtures (Kralik i sur., 2007; Kralik i sur., 2011)

Sastojak/ Ingredient %	Početna - Starter 1. – 14. dan/day	Porast - Grower 15. – 28. dan/day	Završna - Finisher 29. dan do kraja tova/day till the end of fattening
Kalkulacijski sastav smjesa/ Calculation composition of mixtures			
Sirovi proteini/Raw proteins %	24,81	22,05	20,00
Sirova mast/Raw fat %	11,35	11,90	12,30
Sirova vlakna/Raw fibers %	5,00	3,96	4,22
Pepeo/Ash %	5,74	5,09	4,93
Lizin/Lizine %	1,44	1,25	1,05
Metionin/Methionine %	0,71	0,64	0,52
Triptofan/Tryptophan %	0,31	0,27	0,25
Arginin/Arginine %	1,66	1,41	1,27
Ca, Ca %	1,05	0,90	0,85
P, iskoristivi/P, usable%	0,50	0,45	0,42
Na, Na%	0,16	0,16	0,16
Linolna kiselina/Linoleic acid %	8,30	7,86	7,22
ME (MJ/kg)	12,64	13,30	13,50

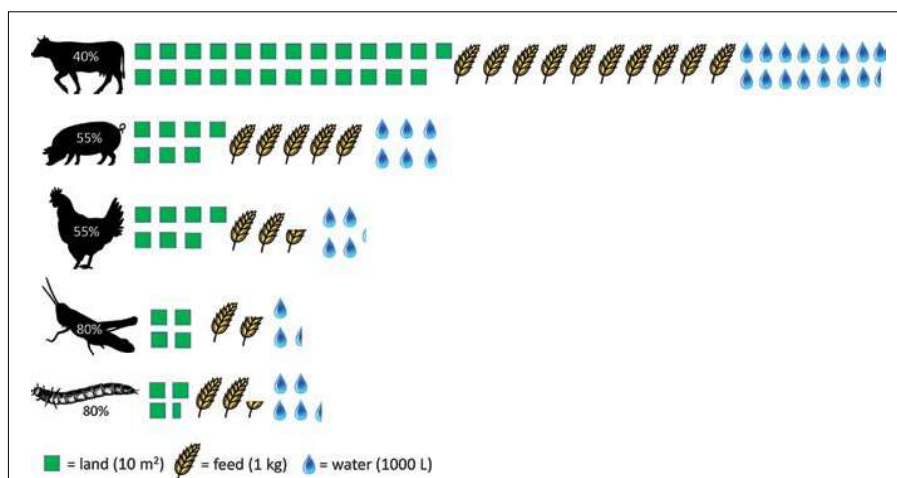
Proteinska krmiva animalnog porijekla koja se koriste u hranidbi peradi su riblje brašno, mesno i mesno - koštano brašno te stočni kvasac. Masovna proizvodnja ovih krmiva predstavlja prijetnju za okoliš i nesiguran izvor krmiva animalnog porijekla (Sanchez-Muros i sur., 2014.). Prema podacima Informacijskog 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.

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.). Međutim, masovna proizvodnja soje u posljednje vrijeme negativno se odražava na pitanja okoliša (Sanchez-Muros i sur., 2014.). Povećanje proizvodnih površina pod sojom dovodi do 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.).

Nasuprot tome, 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.; Kauppi i sur., 2019.). Dobermann i sur. (2017.) (Slika 1.) te Kauppi i sur. (2019.) usporedili su istraživanja stope konverzije hrane za životinje za proizvodnju mesa, te ustanovili da 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*).

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 zahtijeva niže kapitalne investicije



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

Figure 1 The amount of land, feed and water required to produce 1 kg of live animal and the edible portion of the animal (Dobermann i sur., 2017)

bez potrebe za obradom tla, koji ne ovisi o vremenskim uvjetima, što je veliki izazov kod proizvodnje bilja potrebnog za hranidbu životinja. Osim toga, ustanovljeno je kako uzgoj kukaca karakterizira manje ispuštanje stakleničkih plinova u usporedbi s uzgojem većine tovniha 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.; 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 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, ni posjedovati skupocjenu opremu. 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 doprinijeti 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 soji-

nu komponentu obroka. Munyuli Bin Mushambanyi i Balezi (2002.) istraživali su mogućnost zamjene izuzetno skupog mesnog obroka s brašnom proizvedenim od žohara (*Blatta orientalis*) i termita (*Kaloterms flavicollis*). Njihova je studija 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 s 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 domestica*), dudovim svilcem (*Bombyx mori*), manjim brašnarom (*Alphitobius diaperinus*), kestenjastim brašnarom (*Tribolium castaneum*) i termitima (*Isop-tera*).

Ukoliko bi se kukci koristili kao hrana za životinje, utoliko bi se morali 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 izuzetno je visok. Industrijska proizvodnja ličinki muha na organskom otpadu zahtijeva 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. Procjenjuje se 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.).

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. 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.). Istraživanje Gross – Bošković (2024.) pokazalo je da se djelomična zamjena proteina soje proteinima porijeklom od odmašćenog brašna crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) u udjelu od 15 % od ukupnih proteina pokazala 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. Osim toga, 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. Također je važno istaknuti da su kukci, osim što su važan izvor nutrijenata zbog sadržaja visoko vrijednih proteina, 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. 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 sadr-

že 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 od 25 do 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.

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 su njihovih istraživanja pokazali da su obje vrste hrane vrijedan 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 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.

Naposljetku, iznimno važan doprinos mogućnosti korištenja crne vojničke muhe prikazali su u svojem radu Raman i sur. (2022.), dajući primje-

re ispunjavanja 17 FAO ciljeva održivog razvoja kao prikaz mogućnosti, izazova i rješenja za proizvodnju hrane za životinje porijeklom od crne vojničke muhe.

Vrste kukaca koje se koriste u hranidbi životinja

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 20 % vrsta kukaca identificirano i opisano. Sa stajališta biološke raznolikosti, više od 58 % živih vrsta na zemlji su upravo kukci (Footitt i Adler, 2009).

Kukci koji se najčešće koriste u prehrani su iz reda *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 podata-

ka, 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 (Sanchez-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.).

Zakonodavni okvir

Područja bez tradicionalne povijesti entomofagije (konzumiranja kukaca), ali s jasno definiranim 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

tvori 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, 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.

Jedan od glavnih razloga 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 pravi-

la za nusproizvode animalnog porijekla i od njih dobivene proizvode koji nisu namijenjeni prehramni 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 spongiformom 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.

Do danas, uvoz kukaca kao procesuiranih animalnih proteina (PAP; Processed animal proteins) 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.

Umjesto zaključka

Međunarodna tijela veoma su oprezna kada su u pitanju kukci kao hrana. Tako 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 prihvaćanja kukaca kao neželjenih u hrani, predstavljaju prepreke za korištenje *Hermetia illucens*, ili bilo kojih drugih kukaca, kao hrane ili hrane za životinje.

Naposlijetku, u travnju 2021. države članice EU-a pozitivno su glasovale o autorizaciji živo-

tinjskih bjelančevina prerađenih insektima (PAP) u hrani za perad i svinje. Ovaj prijedlog predstavlja važnu prekretnicu za europski sektor insekta, 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.).

Literatura

- [1] Abd El-Hack, M., M.E. Shafi, W.Y. Alghamdi, S.A. Abdelnour, M.S. Abdelrazeq, E.N. Ahmed A.A. Elwy, A.S. Ayman, A. Al-S. Ahmed, M. Alkhateeb, A.M.E. Taha, Abdel-Moneim, V. Tufarellirum, M. Ragni (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
- [2] Allegretti, G., E. Talamini, V. Schmidt, P.C. Borgoni, E. Ortega (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.
- [3] Anankware, P.J., K.O. Fening, E. Osekere, D. Obeng-Ofori (2015): Insects as food and feed: A review. *International Journal of Agricultural Research and Review*, 3, 143-151.
- [4] 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.
- [5] Argetti, G., E. Talamini, V. Schmidt, P.C. Bogorni, E. Ortega (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.
- [6] Ayieko, M.A., V. Oriaro, I.A. Nyambuga (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.
- [7] Belluco, S., C. Losasso, M. Maggioletti, C.C. Alonzi, M.G. Paoletti, A. Ricci (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.
- [8] Bradley, S.W., D.C. Sheppard (1984): Housefly oviposition inhibition by larvae of *Hermetia illucens*, the black soldier fly. *Journal of Chemical Ecology*, 10, 853-859.
- [9] Caligiani, A., A. Marseglia, G. Leni, S. Baldassarre, L. Maistrello, A. Dossena, S. Sforza (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.
- [10] Charlton, A.J., A. Booth, N. Cook, G. Bruggeman, M. Dickinson, E. Fitches, S. MacDonald, H. Neal, K. Robinson, R. Romero, J. Sissins, M. Wakefield (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.
- [11] Cortes Ortiz, J.A., A.T. Ruiz, J.A. Morales-Ramos, M. Thomas, M.G. Rojas, J.K. Tomberlin, L.Y.I.R. Han, L. Giroud, R.L. Jullien (2016): Insect Mass Production Technologies. *Insects as Sustainable Food Ingredients. Production, Processing and Food Applications*. Academic Press, 153-196.
- [12] Cullere, M., G. Tasoniero, V. Giaccone, R. Miotti-Scapin, E. Claeys, S. De Smet, A. Dalle Zotte (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.
- [13] De Marco, M.D., S. Martinez, E. Hernandez, J. Madrid, F. Gai, L. Rotolo, M. Belforti, D. Bergero, H. Katz, S. Dabbou, A. Kovitvadi, I. Zoccarto, L. Gasco, A. Schiavone (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.
- [14] Dobermann, D., J.A. Swift, L.M. Field (2017): Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin*, 42, 293-308.
- [15] Domaćinović, M., Z. Antunović, E. Džomba, A. Opačak, M. Baban, S. Mužić (2015): Specijalna hranidba domaćih životinja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vinkovci.
- [16] EC (2009) 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>>
- [17] 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>>.
- [18] FAOEC (2015) Regulation 2015/2283 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on novel foods, amend-

- ing 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> >.
- [19] 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> >.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] FAO, Food and Agriculture Organisation of United Nations (2012): INFOODS Guedlines. FAO, Rome.< <http://www.fao.org/3/ap810e/ap810e.pdf>>. Preuzeto 16. travnja 2018.
- [23] FAO, 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.
- [24] FDA, 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.
- [25] Ferri, M., F. Di Federico, S. Damato, F. Proscia, N.T. Grabowski (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
- [26] Footitt, R.G., P.H. Adler (2009): *Insects Biodiversity: Science and Society*. Wiley – Blackwell Publishing, Urednici: Robert G. Footitt, Peter H. Adler. Print ISBN:9781405151429. Online ISBN:9781444308211 |DOI:10.1002/9781444308211. Oxford, England. < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781444308211> >.
- [27] Grimaldi, D., M.S. Engel (2005): *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, New York.
- [28] Gross-Bošković, A. (2024): Utjecaj proteina ličinke crne vojničke muhe (*Hermetia illucens*) u hranidbi pilića na kvalitetu pilećeg mesa. Doktorska disertacija. Prehrambeno – biotehnološki fakultet Sveučilište u Zagrebu. Hrvatska.
- [29] Hascik, P., M. Kacaniova, M. Mihok, J. Pochop, F. Benczova (2010): Performance of Various chicken hybrids fed with commercially produced feed mixtures. *International Journal of Poultry Science*, 9(11), 1076-1082.
- [30] 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.
- [31] IPIFF (2019): 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/>>.
- [32] 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> >.
- [33] Janječić, Z., D. Bedeković, T. Amšel Zelenik, T. Zglavnik, D. Vincek (2023): Uzgoj i zaštita zdravlja peradi. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Stega Tisak, Zagreb.
- [34] Jozefiak, D., A. Jozefiak, B. Kieronczyk, M. Rawski, S. Swiatkiewicz, J. Dlugosz, R.M. Engberg, (2016): Insects – natural nutrient source for poultry – A review. *Annals of Animal Science*, 16(2), 297-313.
- [35] Kauppi, S-M., I. Nilstad Petersen, C. Boks (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.
- [36] Kelemu, S., S. Niassy, B. Torto, K.K.M. Fiaboe, H. Affogon, H.E.Z. Tonnang, N.K. Maniania, S. Ekesi (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.
- [37] Khusro, M., N.R. Andrew, A. Nickolas (2012): Insects as poultry feed: a scoping study for poultry production system sin Australia. *Worlds Poultry Science Journal*, 68, 435-446.
- [38] Knežević, N., S. Grbavac, M. Palfi, M. Badnjak Sabolović, S. Rimac Brnčić (2021): Novel food legislation and consumer acceptance – Importance for the food industry. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 33(2), 93-100
- [39] Kralik, G., Z. Škrčić, Z., Maltar, D. Hanžek (2007): Svojstva tovnosti i kakvoće mesa Ross 308 i Cobb 500 pilića. *Krmiva* 49(2), 59-71.
- [40] Kralik, G., E. Has – Schön, D. Kralik, M. Šperanda (2008): Peradarstvo – Biološki i zootehnički principi. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
- [41] Kralik, G., Z. Škrčić, Z., Kralik, I. Đurkin, M. Grčević (2011): Kvaliteta trupova i mesa Cobb 500 I Hubbard Classic broileraških pilića. *Krmiva* 53, 179-186.
- [42] Kumar, P.V., M. Rajashekhar, N. Ramya, N., V. Saini (2017): Entomophagy: A Viable Opportunity for Food Security. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(10), 1135-1143.
- [43] Lamsal, B., H. Wang, P. Pinsiroadom, A.T. Dossey (2018): Application of Insects-Derived Protein Ingredients in Food and Feed Industry. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. DOI 10.1002/aocs.12180
- [44] Lee, J-H., T.-K Kim, J.Y. Cha, H.W. Jang, H.I. Yong, Y.-S. Choi (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.
- [45] Leiber, F., T. Gelencser, A. Stamer, Z. Amsler, J. Wohlfahrt, B. Früh, V. Maurer (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.
- [46] Lensvelt, E.J., L.P. Steenbekkers (2014): Exploring consumer acceptance of entomophagy: A survey and experiment in Australia and The Netherlands. *Ecology of Food and Nutrition*, 53, 543-561.

- [47] Majdak, T., A. Martin, Z. Janječić, M. Grubor (2019): Mogućnost korištenja alternativnih izvora bjelanjčevina 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.
- [48] Makinde, O.J. (2015) Maggot Meal: A Sustainable Protein Source for Livestock Production - A Review. *Advances in Life Science and Technology*, 31, 35-41
- [49] Makkar, H.P.S., G. Tran, V. Heuze (2014): State-of-the-art on use insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.
- [50] Manzano – Agugliaro, F., M.J. Sanchez – Muros, F.G. Barroso, A. Martinez – Sánchez, S. Rojo, C. Perez Bañón (2012): Insects for biodiesel production. *Renewable Sustainable Energy Review*, 16, 3744-3753.
- [51] Maurer, V., M. Holinger, Z. Amsler, B. Früh, J. Wohlfahrt, A. Stamer, F. Leiber (2015): Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal of Insects as Food, Feed*, 1, 1-8.
- [52] Meyer-Rochow, V.B., J. Chakravorty (2013): Notes on entomophagy and entomotherapy generally and information on the situation in India in particular. *Applied Entomology and Zoology*, 48, 105-112.
- [53] 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.
- [54] Munyuli Bin Mushambanyi, T., N. Balezi (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.
- [55] Nakagaki, B.J., G.R. Defoliart (1987): Protein quality of the house cricket *Acheta domestica* when fed to rooster chicks. *Poultry Science*, 66, 1367-1371.
- [56] Nijdam, D., T. Rood, H. Westhoek (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.
- [57] Oonincx, D.G.A.B., J. van Itterbeek, M.J.W. Heetkamp, H. van den Brand, J.J.A. van Loon, A. van Huis (2010): An exploitation on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE*, 5(12), 1-7.
- [58] 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.
- [59] 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.
- [60] Payne, C.L.R., D. Dobermann, A. Forkes, A. Forkes, J. House, J. Josephs, A. McBride, A. Müller, R.S. Quilliam, S. Soares (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.
- [61] Petrić, J., A. Gross-Bošković, B. Hengl (2016): Kukci kao proteinska komponenta u hranidbi peradi. *Krmiva*, 57(1), 37-45.
- [62] Premalatha, M., T. Abbasi, T. Abbasi, S.A. Abbasi (2011): Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: the use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 15, 4357-4360.
- [63] Raman, S.S.; L.C. Stringer, N.C. Bruce, C.S. Chong (2022): Opportunities, challenges and solutions for black soldier larvae-based animal feed production. *Journal of Cleaner Production*, 373, 1-18.
- [64] Ramos Elorduy, J., E.A. Gonzalez, A.R. Hernandez, J.M. Pino (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.
- [65] Ravindran, V., R. Blair (1993): Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. *World's Poultry Science Journal*, 49, 219-235.
- [66] Rettore, A., R. Burke, C. Barry-Ryan (2016): Insects: A Protein Revolution for the Western Human Diet. Dublin Gastronomy Symposium. *Food and Revolution*, 1-8.
- [67] Roos, N., A. van Huis (2017): Consuming insects: are there health benefits? *Journal of Food and Feed*, 3(4), 225-229.
- [68] Rumpold, B.A., O.K. Schlüter (2013): Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 1-11.
- [69] Sanchez-Muros, M.J., F.G. Barroso, F. Manzano-Agugliaro (2014): Insect meals as renewable source of food for animal feeding: A review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 16-27.
- [70] Sealey, W.M., T.G. Gaylord, F.T. Barrows, J.K. Tomberlin, M.A. McGuire, C. Ross, S. St-Hilaire (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.
- [71] Sheppard, D.C., G.L. Newton, S.A. Thompson, S. Savage (1994): A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, 50(3), 275-279.
- [72] Sheppard, D.C., J.K. Tomberlin, J.A. Joyce, B.C. Kiser, S.M. Sumner S.M. (2002): Rearing methods for the black soldier fly (diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39, 695-698.
- [73] Sogari, G., M. Amato, I. Biasato, S. Chiesa, I. Gasco. (2019): The Potential Role of Insects as Feed: A Multi-Perspective Review. *Animals*, 9, 1-15.
- [74] Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales, C.P.R.F. De Haan (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>>.
- [75] van Broekhoven, S., D.G.A.B. Oonincx, A. van Huis, J.J.A. Van Loon (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.
- [76] van der Spiegel, M., M.Y. Noordam, H.J. van der Fels-Klerx (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.
- [77] van Huis, A. (2013) Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563-583.
- [78] van Huis, A., J. van Itterbeek, H.C. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, P. Vantomme (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.

- [79] van Huis, A. (2015) Edible insects contributing to food security? *Agriculture & Food Security*, 4, 1-20.
- [80] van Huis, A. (2016) Edible insects are the future? In: *Proceedings of the Nutrition Society. The Nutrition Society Summer Meeting 6-9 July 2015*, University of Nottingham, Nottingham, England.
- [81] Ververis, E., R. Ackerl, D. Azzollini, P.A. Colombo, A. de Sesmaisons, C. Dumas, A. Fernandez-Dumont, L. Ferreira da Costa, A. Germini, T. Goimperis, E. Kouloura, L. Matijević, G. Precup, R. Roldan-Torres, A. Rossi, R. Svejstil, E. Turla, W. Gelbmann (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.
- [82] Vane-Wright, R.I. (1991): Why not eat insects? *Bulletin of Entomology Research*, 81, 1-4.
- [83] Wang, Y.S., M. Shelomi (2017): Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*, 6(91), 1-23.

Dostavljeno/Received: 04.01.2026.

Prihvaćeno/Accepted: 05.02.2026.

Insects as an alternative source of protein in poultry feeding

Abstract

The global increase in meat consumption, particularly poultry meat, driven by population growth and changing dietary habits, has intensified the demand for sustainable and nutritionally valuable protein sources in animal feed. Traditional protein feedstuffs, such as soybean meal and fish meal, face environmental, economic, and logistical constraints, creating a need to explore alternative protein sources. In this context, insect farming has emerged as a sustainable solution with the potential to reduce environmental pressure and improve resource efficiency.

The aim of this paper is to present the potential application of insects as an alternative protein source in broiler chicken nutrition, with particular emphasis on their nutritional value, production performance, and regulatory framework. Insects are characterized by a high crude protein content, a favorable amino acid profile, and good digestibility, while requiring significantly less land, water, and energy compared to conventional protein sources. Special attention is given to larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*), which are considered among the most promising protein sources due to their high protein and fat content and their ability to be reared on by-products of the food industry.

A review of previous studies indicates that partial replacement of soybean and fish meal with insect meal can achieve comparable or improved production parameters, including body weight gain and feed conversion ratio, without adverse effects on broiler health. Recent research suggests that partial replacement of soybean protein with defatted *Hermetia illucens* larval meal at inclusion levels of 15–25% of total dietary protein is optimal, whereas higher inclusion levels may negatively affect production performance. Despite their nutritional and environmental advantages, the broader application of insects in poultry nutrition is conditioned by a strictly regulated European Union legislative framework governing feed safety, permitted rearing substrates, and the use of processed animal proteins. In conclusion, insects represent a promising and sustainable protein source in poultry production; however, further research and regulatory development are required to enable their wider adoption in animal nutrition.

Keywords: poultry meat, alternative protein sources, *Hermetia illucens*

Insekten als alternative Proteinquelle in der Geflügelfütterung

Zusammenfassung

Der weltweite Anstieg des Fleischkonsums, insbesondere von Geflügelfleisch, der durch das Bevölkerungswachstum und veränderte Ernährungsgewohnheiten vorangetrieben wird, hat die Nachfrage nach nachhaltigen und ernährungsphysiologisch wertvollen Proteinquellen in Tierfutter verstärkt. Traditionelle Proteinfuttermittel wie Sojamehl und Fischmehl unterliegen ökologischen, wirtschaftlichen und logistischen Einschränkungen, sodass nach alternativen Proteinquellen gesucht werden muss. In diesem Zusammenhang hat sich die Insektenzucht als nachhaltige Lösung herausgestellt, die das Potenzial hat, die Umweltbelastung zu verringern und die Ressourceneffizienz zu verbessern.

Ziel dieses Artikels ist es, die potenzielle Verwendung von Insekten als alternative Proteinquelle in der Ernährung von Masthühnern vorzustellen, wobei der Schwerpunkt auf ihrem Nährwert, ihrer Produktionsleistung und den rechtlichen Rahmenbedingungen liegt. Insekten zeichnen sich durch einen hohen Rohproteingehalt, ein günstiges Aminosäureprofil und eine gute Verdaulichkeit aus, während sie im Vergleich zu herkömmlichen Proteinquellen deutlich weniger Land, Wasser und Energie benötigen. Besondere Aufmerksamkeit gilt den Larven der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*), die aufgrund ihres hohen Protein- und Fettgehalts und ihrer Fähigkeit, mit Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie aufgezogen zu werden, als eine der vielversprechendsten Proteinquellen gelten.

Eine Auswertung früherer Studien zeigt, dass durch den teilweisen Ersatz von Soja- und Fischmehl durch Insektenmehl vergleichbare oder verbesserte Produktionsparameter, einschließlich Körpergewichtszunahme und Futtermittelnutzung, ohne nachteilige Auswirkungen auf die Gesundheit der Masthühner erzielt werden können. Jüngste Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass ein teilweiser Ersatz von Sojaprotein durch entfettetes *Hermetia illucens*-Larvenmehl in einer Menge von 15 bis 25 % des gesamten Proteingehalts der Nahrung optimal ist, während höhere Mengen die Produktionsleistung negativ beeinflussen können.

Trotz ihrer ernährungsphysiologischen und ökologischen Vorteile wird die breitere Anwendung von Insekten in der Geflügelernährung durch einen streng regulierten Rechtsrahmen der Europäischen Union in Bezug auf Futtermittelsicherheit, zulässige Aufzuchtsubstrate und die Verwendung von verarbeiteten tierischen Proteinen eingeschränkt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Insekten eine vielversprechende und nachhaltige Proteinquelle in der Geflügelproduktion darstellen; jedoch sind weitere Forschungsarbeiten und regulatorische Entwicklungen erforderlich, um ihre breitere Anwendung in der Tierernährung zu ermöglichen.

Schlüsselwörter: Geflügelfleisch, alternative Proteinquellen, *Hermetia illucens*

Insectos como fuente alternativa de proteínas en la alimentación avícola

Resumen

El aumento global del consumo de carne, en particular de carne de ave, impulsado por el crecimiento demográfico y los cambios en los hábitos alimentarios, incrementa la demanda de fuentes de proteínas sostenibles y de alto valor nutricional en la alimentación animal. Las materias primas proteicas tradicionales, como la harina de soja y la harina de pescado, se enfrentan a limitaciones ambientales, económicas y logísticas, lo que abre el espacio para explorar fuentes alternativas de proteínas. En este contexto, la cría industrial de insectos destaca como una solución sostenible con potencial para reducir la carga ambiental y el uso más eficiente de los recursos.

El objetivo de este trabajo es presentar las posibilidades de utilización de los insectos como fuente alternativa de proteínas en la alimentación de pollos de engorde, con especial énfasis en su valor nutricional, los resultados productivos y el marco legislativo. Los insectos se caracterizan por un alto contenido de proteína bruta, un perfil aminoacídico favorable y una buena digestibilidad, junto con requerimientos significativamente menores de tierra, agua y energía en comparación con las fuentes proteicas convencionales. Se presta especial atención a las larvas de la mosca soldado

negra (*Hermetia illucens*), consideradas una de las fuentes más prometedoras debido a su elevado contenido de proteínas y lípidos, así como a la posibilidad de su producción a partir de subproductos de la industria alimentaria.

La revisión de los estudios disponibles indica que la sustitución parcial de la harina de soja y de pescado por harina de insectos puede garantizar indicadores productivos iguales o superiores, incluidos el incremento de peso y la conversión alimenticia, sin efectos negativos sobre la salud de los pollos. Los resultados de investigaciones recientes señalan que una sustitución parcial de las proteínas de soja por proteínas procedentes de harina desgrasada de larvas de *Hermetia illucens* en un rango del 15–25 % es óptima, mientras que niveles más elevados de sustitución pueden afectar negativamente a los resultados productivos.

A pesar de las ventajas nutricionales y medioambientales, la aplicación a gran escala de insectos en la alimentación avícola está condicionada por un marco legislativo estrictamente definido de la Unión Europea, que regula la seguridad alimentaria, los sustratos autorizados para la cría y el uso de proteínas animales procesadas. En conclusión, los insectos representan una fuente de proteínas prometedora y sostenible en la producción avícola, si bien es necesario continuar con la investigación y el desarrollo del marco regulatorio para su aplicación más amplia en la alimentación animal.

Palabras claves: carne de ave, fuentes alternativas de proteínas, *Hermetia illucens*

Riassunto **Insetti come fonte alternativa di proteine nell'alimentazione del pollame**

L'aumento globale del consumo di carne, in particolare di carne avicola, stimolato dalla crescita della popolazione e dai cambiamenti nelle abitudini alimentari, accresce la necessità di fonti proteiche sostenibili e nutrizionalmente valide per l'alimentazione animale. I mangimi proteici tradizionali, come la farina di soia e quella di pesce, affrontano limiti ecologici, economici e logistici, aprendo la strada alla ricerca di fonti proteiche alternative. In questo contesto, l'allevamento di insetti si distingue come una soluzione sostenibile, con il potenziale di ridurre l'impatto ambientale e di utilizzare le risorse in modo più efficiente.

L'obiettivo di questo studio è presentare le possibilità di impiego degli insetti come fonte alternativa di proteine nell'alimentazione dei polli da carne, con particolare attenzione al valore nutritivo, ai risultati produttivi e al quadro normativo. Gli insetti si caratterizzano per un alto contenuto di proteine grezze, una composizione favorevole di aminoacidi e una buona digeribilità, con requisiti significativamente inferiori di terreno, acqua ed energia rispetto alle fonti proteiche convenzionali. Particolare attenzione è rivolta alle larve della mosca soldato nera (*Hermetia illucens*), considerate una delle fonti più promettenti grazie all'elevato contenuto di proteine e grassi e alla possibilità di allevamento su sottoprodotti dell'industria alimentare.

Una revisione degli studi precedenti mostra che la sostituzione parziale della farina di soia e di pesce con farina di insetti può garantire indicatori produttivi uguali o superiori, inclusi incremento ponderale e conversione alimentare, senza effetti negativi sulla salute dei polli. I risultati di ricerche recenti indicano che la sostituzione parziale delle proteine della soia con proteine derivanti dalla farina defaticata delle larve di *Hermetia illucens* nella misura del 15–25% è ottimale, mentre percentuali più elevate possono influire negativamente sui risultati produttivi.

Nonostante i vantaggi nutrizionali ed ecologici, un'applicazione più ampia degli insetti nell'alimentazione avicola è condizionata da un quadro normativo rigoroso dell'Unione Europea, che regola la sicurezza alimentare, i substrati ammessi per l'allevamento e l'uso di proteine animali trasformate. In conclusione, gli insetti rappresentano una fonte proteica promettente e sostenibile nella produzione avicola, con la necessità di ulteriori ricerche e dello sviluppo di un quadro normativo per un loro impiego più esteso nell'alimentazione animale.

Parole chiave: carne avicola, fonti proteiche alternative, *Hermetia illucens*