

SAŽETAK

Potražnja za hranom, osobito mesom, svakodnevno raste te se javlja potreba za povećanom opskrbom proteina iz održivih izvora u što se ubraja i farmски uzgoj kukaca. Upotreba kukaca u hrani za ljude i životinje ima potencijalno značajne prednosti za okoliš, gospodarstvo i dostupnost hrane. Niz organizacija, uključujući Organizaciju za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (FAO), proučavale su mogućnost korištenja kukaca kao izvora hrane i hrane za životinje. S obzirom da se prilikom ovakve proizvodnje hrane za životinje nameću i pitanja rizika za zdravlje, kako ljudi, tako i životinja, Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) u listopadu 2015. g. izradila je profil rizika o upotrebi kukaca i tako odgovorila na pitanja o mogućim opasnostima prilikom proizvodnje, prerade i konzumacije ovog alternativnog izvora proteina. Zbog nedostatka podataka, preporuka EFSA-e je poticanje daljnjih istraživanja vezanih za proizvodnju i korištenje kukaca kao izvora proteinske hrane za ljude i životinje. Istraživanja rađena na laboratorijskim životinjama pokazala su da je nutritivna vrijednost proteina kukaca slična proteinima sojinog i ribljeg brašna te da kukci mogu zamijeniti dio tradicionalne hranidbe životinja. Kukci su također prirodni izvori hrane u peradi te su često korišteni kao komplementarni izvori hrane za životinje u zemljama u razvoju. Uzimajući u obzir dosadašnja istraživanja, hranjenje peradi proteinima kukaca trebalo bi biti ekonomski isplativije, te prihvatljivije sa stajališta očuvanja okoliša, budući da se kao hrana za uzgoj kukaca koriste mesno-koštani nusproizvodi, čija upotreba nije dozvoljena u hranidbi domaćih životinja te postoji realan problem oko njihovog zbrinjavanja. Stoga je za očekivati da će rezultati analiza mesa peradi dati bolji uvid u prednosti i nedostatke korištenja proteina kukaca u hranidbi peradi, kako sa stajališta sigurnosti hrane za životinje, tako i sa stajališta proizvodnje i prerade.

Ključne riječi: proteini kukaca, hranidba peradi

UVOD

U posljednjih nekoliko desetljeća broj stanovnika na Zemlji se više nego udvostručio te je i globalna potrošnja hrane, osobito mesa, u kontinuiranom porastu. Stoga se javlja potreba za dodatnim izvorom proteina za tov životinja, iz održivih izvora u što se ubraja i farmски uzgoj kukaca (van der Spiegel M. i sur., 2013.). Postoji više razloga za korištenje kukaca kao hrane za životinje: prvi razlog je da su oni

izvor nutrijenata jer sadržavaju visokovrijedne proteine i dobre masnoće, te visoku koncentraciju kalcija, željeza i cinka. Drugo, kukci vrlo efikasno pretvaraju dušične spojeve u visokovrijedne proteine. Nadalje, kukci za proizvodnju hrane trebaju manje površine vrijednih resursa kao što su zemlja i voda, te štede znatnu količinu energije iz prirodnih izvora u odnosu na tradicionalni uzgoj životinja (van Broekhoven i sur., 2014.).

Reprodukcijaska stopa im je znatno veća u odnosu na ostale životinjske vrste, a uzgoj zahtijeva niže kapitalne investicije bez potrebe obrade i raščičavanja tla. Također, njihov uzgoj prati smanjeno ispuštanje stakleničkih plinova u odnosu na većinu životinja (van Huis, 2013.). Stoga se općenito navodi da kukci daju održiviji izvor proteina za hranidbu životinja i prehranu ljudi (Anankware i sur., 2015.; Charlton i sur., 2014.; Oonincx i sur., 2014.).

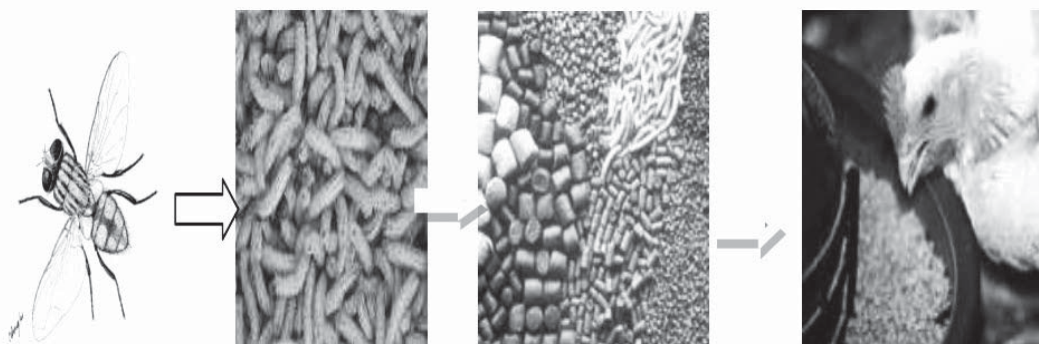
KORIŠTENJE KUKACA U HRANIDBI ŽIVOTINJA

Hrana za životinje mora sadržavati određenu količinu proteina, za što se koristi sojino i riblje brašno. Budući da su kukci izvor visokovrijednih proteina i aminokiselina, smatra se da mogu zamijeniti dio tradicionalne hrane za životinje (Makinde, 2015.). Kukci sadrže od 42 do 63% sirovih proteina i više od 36% masti s visokim udjelom nezasićenih masnih kiselina (Makkar i sur., 2015.). Odgovarajući okus i sastav hrane od kukaca u hranidbi peradi, svinja, nekih vrsta riba i preživača pokazao je da hrana od kukaca može zamijeniti 25-100% sojinog ili ribljeg brašna, ovisno o vrsti životinja za koju je namijenjena (Anankware i sur., 2015.; van Huis, 2015.).

Kao hrana za životinje najčešće se upotrebljavaju larve muha *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) i *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), te brašnara *Tenebrio molitor* i *Alphitobius diaperinus* (slika 1.) Larve muha su vrlo pogodne za korištenje u hranidbi životinja jer sadrže lakše probavljive proteine, s omjerom aminokiselina koji je sličan onom kod soje, te se najčešće koriste za proizvodnju hrane za životinje. Za hranidbu reptila, riba i ptica kućnih ljubimaca najčešće se koriste larve brašnara i

crvi *Zophobas morio* (Anankware i sur., 2015., Charlton i sur., 2015.).

Hermetia illucens je vrsta muha porijeklom iz tropskih, subtropskih i toplih temperaturnih zona Amerike (Makkar i sur., 2015.). Larve *H. illucens* proizvode se na poljoprivrednim nusproizvodima i različitom organskom otpadu u tropskim i subtropskim područjima zbog čega ova vrsta muha nije najpogodniji izbor za primjenu kao proteinske komponente u hrani za životinje u ostalim dijelovima svijeta (Anankware i sur., 2015.; Charlton i sur., 2015.; van Huis, 2015.). Larve se također mogu komercijalno koristiti kako bi riješile veliki broj okolišnih problema vezanih za gnojivo i ostali organski otpad, kao što je smanjenje mase otpada, sadržaja vlage i neugodnog mirisa dajući istovremeno visokovrijedne sirovine za hranidbu goveda, svinja, peradi i riba (tablica 1. i 2.). Maurer i sur. (2015.) navode da *H. illucens* ima sličan ili čak bolji sastav aminokiselina od soje, pa je njeno korištenje u hrani za životinje ispitivano na različitim životinjama (kokoši, brojleri, svinje, afrički som, iverak i kalifornijska pastrva; van Huis, 2015.; Leiber i sur., 2015.). Primijećeno je da njeno korištenje može biti problematično zbog prisutnosti kontaminanata, kao što su teški metali koji se često pojavljuju u organskim otpadima (van Huis, 2015.). Tako je van Huis (2015.) u svom radu naveo primjer u kojem je došlo do nakupljanja kadmija u jedinkama *H. illucens* čime bi njezino korištenje u hrani za životinje bilo ograničeno. Zbog visokog sadržaja masti, larve *H. illucens* mogu se koristiti za proizvodnju biodizela: 1000 larvi koje rastu na 1 kg govedeg, svinjskog ili pilećeg gnojiva proizvode po 36 g, 58 g i 91 g biodizela (Anankware i sur., 2015.; Makkar i sur., 2015.).



Slika 1. Konverzija muha u hranu za životinje (Anankware i sur., 2015)

Figure 1. Feed conversion from flies (Anankware i sur., 2015)

Tablica 1. Kemijski sastav brašna od pojedinih vrsta kukaca, ribljeg brašna i sojinog brašna (Makkar i sur., 2015.)

Table 1 Chemical composition of flour of certain species of insects, fish meal and soybean meal (Makkar i sur., 2015.)

Sastojci - Ingredients (% suhe tvari – % of dry matter)	<i>Hermetia illucens</i>	<i>Musca domestica</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	Riblje brašno – Fish meal	Sojino brašno – Soybean meal
Sirovi protein – Crude protein	42,1 (56,9)	50,4 (62,1)	52,8 (82,6)	70,6	51,8
Masti - Fat	26,0	18,9	36,1	9,9	2,0
Kalcij - Ca	7,56	0,47	0,27	4,34	0,39
Fosfor - P	0,90	1,60	0,78	2,79	0,69
Omjer – Ratio Ca:P	8,4	0,29	0,35	1,56	0,57

Vrijednosti u zagradama odnose se na odmašćene sastojke - Values in parentheses refer to the degreased ingredients.

Tablica 2. Aminokiselinski sastav (g/16 g dušika) brašna od pojedinih vrsta kukaca, ribljeg brašna i sojinog brašna (Makkar i sur., 2015.)

Table 2 Amino acid composition (g/16 g nitrogen) of certain species of insects meal, fish meal and soybean meal (Makkar i sur., 2015.)

Aminokiseline - Aminoacids	<i>Hermetia illucens</i>	<i>Musca domestica</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	Riblje brašno – Fish meal	Sojino brašno – Soybean meal
ESENCIJALNE - ESENTIAL					
Metionin	2,1	2,2	1,5	2,7	1,32
Cistin	0,1	0,7	0,8	0,8	1,38
Valin	8,2	4,0	6,0	4,9	4,50
Izoleucin	5,1	3,2	4,6	4,2	4,16
Leucin	7,9	5,4	8,6	7,2	7,58
Fenilalanin	5,2	4,6	4,0	3,9	5,16
Tirozin	6,9	4,7	7,4	3,1	3,35
Histidin	3,0	2,4	3,4	2,4	3,06
Lizin	6,6	6,1	5,4	7,5	6,18
Treonin	3,7	3,5	4,0	4,1	3,78
Triptofan	0,5	1,5	0,6	1,0	1,36
NEESENCIJALNE – NONESENTIAL					
Serin	3,1	3,6	7,0	3,9	5,18
Arginin	5,6	4,6	4,8	6,2	7,64
Glutaminska kiselina	10,9	11,7	11,3	12,6	19,92
Aspartamska kiselina	11,0	7,5	7,5	9,1	14,14
Prolin	6,6	3,3	6,8	4,2	5,99
Glicin	5,7	4,2	4,9	6,4	4,52
Alanin	7,7	5,8	7,3	6,3	4,54

Musca domestica (domaća muha), za razliku od *H. illucens*, nastanjuje različita klimatska područja, što omogućava njezinu primjenu u hrani za životinje u Europi i svijetu. Muha *M. domestica* ima kratak životni ciklus (6-10 dana), u kojem se poljoprivredni otpad efikasno iskoristi za dobivanje visokoprobavljivih proteina s visokim udjelom esencijalnih aminokiselina (Charlton i sur., 2015.; Makkar i sur., 2015.; van Huis, 2015.; tablica 2.). Larve *M. domestica* razvijaju se pretežno u tropskim uvjetima (temp. 25-30 °C i vlaga 60-75%), a različite vrste otpada (gnojivo svinja ili peradi, krv i sadržaj crijeva goveda, smjesa krvi goveda s pšeničnim mekinjama ili sadržajem želuca, riblji otpad, pšenične mekinje itd.) pogodan su supstrat za njihov razvoj (Makkar i sur., 2015.). Brašno od *M. domestica* može se koristiti kao značajan izvor proteina u hranidbi peradi, riba i rakova (van Huis, 2015.). Istraživanja su pokazala da brašno od *M. domestica* ima bolji sadržaj aminokiselina nego brašno od kikirikija i da može djelomično zamijeniti riblje brašno u hranidbi pilića (Anankware i sur., 2015., Okah i sur., 2012.). Anankware i sur. (2015.) su naveli da larve *M. domestica* sadrže 30% suhe tvari u ukupnoj vlažnoj masi od kojih je 54% sirovi protein. Sličan sastav naveli su Makkar i sur. (2015.) u svom radu (tablica 1.). Larve *M. domestica* se mogu jesti svježe, ali su za intenzivan uzgoj, zbog skladištenja i transporta, prikladnije kao suhi proizvod. Makinde (2015.) je istaknuo da brašno od *M. domestica* ima dobru nutritivnu vrijednost, da je jeftinije i da je tehnologija proizvodnje prihvatljivija u odnosu na proizvodnju ostalih izvora animalnih proteina.

Proizvodnja brašnara je u porastu u svjetskoj industriji. Brašnari pripadaju obitelji *Tenebrionidae*, od kojih je *Tenebrio molitor* najčešće zastupljen. Mogu rasti na otpadu manje nutritivne vrijednosti i imaju sposobnost u relativno kratkom vremenu reciklirati biljni otpad niske kvalitete u visoko kvalitetnu komponentu hrane za životinje koja je bogata energijom, proteinima i mastima (Anankware i sur., 2015.; Makkar i sur., 2015.). Brašnari (*T. molitor*) sadrže veliku količinu sirovih proteina i masti, a relativno malo pepela (<5 % suhe tvari; tablica 1.). Anankware i sur. (2015.) navode da su brašnari hrana za brojlerske piliće i obećavajuća alternativa za uobičajene izvore proteina, kao što je soja. Isti autori naveli su istraživanje koje je pratilo uzgoj larvi *T. molitor* na nekoliko osušenih otpadnih materijala različitog porijekla. U istraživanju su se koristili razli-

čiti udjeli larvi brašnara (5 i 10% suhe tvari) u 19% proteinskoj komponenti na bazi sirka i soje te se pratio unos hrane, prirast larvi i učinkovitost hrane. Rezultati su nakon 15 dana pokazali da nije bilo značajne razlike između tretmana.

Nutritivni sastav supstrata na kojem se uzgajaju kukci ima veliki utjecaj na čimbenike proizvodnje kao što su ukupni prinos larvi, pojedinačnu težinu larvi i nutritivni sastav larvi (u odnosu na sirove proteine, sastav aminokiselina i minerala; Tschirner i sur., 2014.). Tako su Tschirner i Simon (2015.) provodili istraživanje o utjecaju različitih supstrata i različitih tehnologija na nutritivni sastav larvi *H. illucens* namijenjenih za hranu za životinje. Autori su naveli da nutritivni sastav hrane od kukaca najviše ovisi o supstratu koji se koristi za njihov uzgoj, te da su najbolji proizvodni rezultati dobiveni sa supstratom koji je bio mješavina proteina i vlakana. Supstrati samo na bazi proteina ili na bazi vlakana pokazali su znatno niže rezultate nego njihova mješavina u istom omjeru. Tako su larve *H. illucens* proizvedene na ovoj mješavini pokazale poželjan sastav (npr. aminokiselina) što pokazuje da brašno od *H. illucens* može biti zamjena ribljem brašnu u hranidbi riba i raznih nepreživača. Brašno od *H. illucens* ima niži sadržaj metionina i fosfora u odnosu na riblje brašno, ali treba poboljšati proizvodne uvjete kako bi se povećala stopa preživljavanja larvi te pratiti neželjene tvari kao što su teški metali, zbog njihove moguće prisutnosti u supstratu (Tschirner i Simon, 2015.). Također, važno je imati saznanja da svaka kombinacija kukaca i sirovina može predstavljati različiti potencijalni rizik te je stoga potrebno provoditi rutinski nadzor kako bi se osigurala kontinuirana sigurnost kukaca koji se koriste u hranidbi životinja (Charlton i sur. 2015.). Charlton i sur. (2015.) proveli su istraživanje o kemijskoj sigurnosti različitih vrsta larvi muha uzgajanih u različitom okolišu, a koje se koriste kao izvor proteina u hrani za životinje. Istraživanje je obuhvaćalo kemijske kontaminante kao što su veterinarski lijekovi, pesticidi, teški metali, dioksini i poliklorirani bifenili, policiklički aromatski ugljikovodici i mikotoksini. Rezultati istraživanja pokazali su da je od svih kemijskih kontaminanata jedino kadmij bio prisutan u 60% uzoraka larvi *M. domestica*. Ostali su kontaminanti bili prisutni u koncentracijama ispod preporučenih od Europske komisije, Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) i Codex Alimentarius-a. Stoga su autori preporučili provoditi daljnja istraživanja kako bi se utvrdio izvor kadmija u larvama muha i

povezanost s prijenosom iz sirovina. Ukoliko se to potvrdi, trebalo bi se postaviti najveću dopuštenu količinu za kadmij u supstratu za kukce u svrhu osiguranja kontrola pri njegovom ulasku u hranidbeni lanac (Charlton i sur., 2015.). Isti su autori naveli da njihovo istraživanje nije obuhvaćalo mikrobiološke opasnosti, koje se zajedno s parazitarnim mogu smanjiti uvođenjem odgovarajućih postupaka, kao što su zagrijavanje i ekstrakcija proteina. Istaknuli su da je neophodno provesti procjenu biološke sigurnosti kukaca koji se koriste u hrani za ljude i životinje, a proizvode za lokalnu upotrebu i bez industrijske tehnologije (Charlton i sur., 2015.).

KORIŠTENJE KUKACA U HRANIDBI PERADI

Kukci su prirodni izvori hrane za perad. Također, smatra se da mogu zamijeniti dio tradicionalne hrane u hranidbi peradi jer sadrže visokovrijedne proteine i aminokiseline (Makinde, 2015.). Isto tako, postoje i ekonomski razlozi zbog kojih je korištenje kukaca alternativa tradicionalnom načinu hranidbe u peradi. U standardnom tovu pilića koriste se proteini prvenstveno porijeklom iz soje, a u značajno manjem udjelu ili vrlo rijetko iz drugih krmiva (stočni grašak, bob, brašno lucerne). Esencijalne aminokiseline koje su neophodne za rast pilića nadoknađuju se u sintetskom obliku, što je vrlo skupo te značajno podiže cijenu hrane za perad. S druge strane, proizvodnja hrane od kukaca i njihovih razvojnih oblika relativno je jednostavna i jeftina prije svega zbog lako dostupne i vrlo jeftine sirovine za njihovu proizvodnju. Budući da je udio proteina u kukcima vrlo visok, postoji mogućnost korištenja brašna od kukaca u hranidbenim smjesama što bi značajno pojeftinilo proizvodnju jer je upravo proteinska komponenta najskuplja hranjiva tvar obroka. Također, korištenjem kukaca u hranidbi peradi troškovi zbrinjavanja animalnog otpada bi se značajno smanjili ili bi u potpunosti nestali jer bi otpad služio kao „hranjiva podloga“ za hranjenje razvojnih oblika kukaca (Makinde, 2015.; Ncabela i sur., 2015.).

Trenutno se malo zna o stvarnoj koristi hranidbe peradi brašnom od kukaca. Provedena su različita istraživanja u kojima se brašno od kukaca koristilo kao djelomična ili potpuna zamjena proteinske komponente u standardnoj hranidbi, a rezultati istraživanja se razlikuju (Makinde, 2015.). Tako su Lieber i sur. (2015.) istraživali utjecaj na prirast

brojlara i fizikalne parametre kvalitete mesa ukoliko se u standardnoj organskoj hranidbi brojlera proteini soje zamijene s proteinima muhe *H. illucens*. Rezultati njihovog istraživanja pokazali su da hrana za brojlere, koja sadrži sirove proteine *H. Illucens*, daje slične ili bolje rezultate efikasnosti konverzije u odnosu na proteine soje, te da djelomična zamjena sojine pogače s različitim kombinacijama proteina lucerne ili graška s proteinima *H. illucens* ne utječe na performanse rasta brojlera u usporedbi sa standardnom hranom za životinje. Autori su zaključili da odmašćeno brašno od *H. illucens* može imati dobar potencijal za korištenje kao proteinska komponenta u hranidbi brojlera (Lieber i sur., 2015.). De Marco i suradnici (2015.) proveli su istraživanje o nutritivnim vrijednostima hrane od proteina kukaca *T. molitor* i *H. illucens* u hranidbi brojlera. Njihovi rezultati su pokazali da su obje vrste hrane izvrsni izvori metabolizirane energije u brojlerima, kao i vrijedni izvor lako probavljivih aminokiselina, što se posebno odnosi na hranu od *T. molitor* (tablica 2). Inače se smatra da je muha *H. illucens* dobra alternativa u hranidbi peradi jer sadrži vrlo povoljan sastav aminokiselina s visokim udjelom lizina i metionina (Lieber i sur., 2015, tablica 2.).

Makinde (2015.) je istaknuo da je veliki broj istraživanja vezanih za uključivanje hrane od kukaca u standardnu hranidbu brojlerskih pilića najčešće provedeno na pilićima koji su hranjeni ribljim brašnom.

Neki su autori naveli da brašno od larvi *M. domestica* nije nutritivno inferiornije u odnosu na riblje brašno, te da može djelomično zamijeniti riblje brašno u hranidbi pilića (Makinde, 2015.; Okah i sur., 2012.). Stoga su provedena različita istraživanja vezana za procjenu performansi brojlerskih pilića ukoliko je u hranidbi pilića korišteno brašno od domaće muhe (*M. domestica*) kao zamjena za riblje brašno. Rezultati većine tih istraživanja pokazali su da je moguća djelomična ili potpuna zamjena ribljeg brašna s brašnom od *M. domestica*, te da je optimalan stupanj uključivanja brašna od *M. domestica* u hranu za brojlerske piliće manji od 10%. Ukoliko bi se taj udio povećao, došlo bi do smanjenog unosa hrane i smanjenih performansi pilića, vjerojatno zbog lošijeg okusa i tamnije boje hrane što je manje privlačno za piliće (Makinde, 2015.). Okah i sur. (2012.) su provodili slično istraživanje u kojem je primijećeno da su pilići hranjeni većim udjelom brašna od *M. domestica* (40% i 50%) konzumirali

više hrane nego pilići hranjeni isključivo ribljim brašnom. Pilići hranjeni isključivo ribljim brašnom dobili su manje na težini nego oni hranjeni različitim udjelima brašna od domaćih muha. Randman pilića bio je sličan, bez obzira na vrstu brašna kojom su pilići hranjeni. Rezultati istraživanja pokazali su da brojlerski pilići hranjeni brašnom od *M. domestica* imaju veću konverziju hrane nego pilići hranjeni isključivo ribljim brašnom i da je cijena pilića hranjenih ribljim brašnom veća u odnosu na cijenu pilića hranjenih brašnom od domaćih muha. Korištenje brašna od domaćih muha u hranidbi brojlerskih pilića dovelo je kod pilića do smanjenja težine srca i povećanja težine želuca, dok značajnije promjene u težini jetre nisu uočene (Okah i sur., 2015.). Okah i sur. (2015.) su zaključili da performanse brojlerskih pilića mogu ovisiti o nutritivnim vrijednostima brašna od *M. domestica* i količini ribljeg brašna koja se zamjenjuje brašnom od *M. domestica*. Autori su preporučili provođenje daljnjih istraživanja kako bi se utvrdila optimalna količina zamjene ribljeg brašna brašnom od *M. domestica* u hranidbi brojlerskih pilića.

Korištenje brašna od kukaca u hranidbi nesilica intenzivno je istraživalo više autora. Maurer i sur. (2015.) u svom radu navode da potpuna ili djelomična zamjena sojine pogače djelomično odmašćenim brašnom od *H. illucens* u hranidbi nesilica ne utječe na performanse nesivosti jaja, težinu jaja i učinkovitost hrane u odnosu na standardnu hranidbu te ističu da je brašno od *H. illucens* vrijedna zamjena sojinim proizvodima u hranidbi nesilica. Provedena su i neka istraživanja obzirom na okus hrane od kukaca, pa tako Makide (2015.) u svom radu ističe da se okus hrane od kukaca može poboljšati dodatkom metionina te da brašno od domaćih muha može zamijeniti 75 do 100% brašna od kikirikija u hranidbi brojlerskih pilića, bez štetnog učinka na količinu konzumirane suhe tvari.

TRENTNA I BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

Niz organizacija, uključujući Organizaciju za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (FAO), proučavalo je mogućnost korištenja kukaca kao izvora hrane i hrane za životinje (FAO, 2013.). Prilikom takve proizvodnje hrane za životinje nameću se i pitanja rizika za zdravlje, kako ljudi, tako i životinja. Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) je u listopadu 2015. g. izradila profil rizika upotrebe kuka-

ca i tako odgovorila na pitanja o mogućim opasnostima prilikom proizvodnje, prerade i konzumacije ovog alternativnog izvora proteina. Zbog nedostatka podataka, preporuka EFSA-e je poticanje daljnjih istraživanja vezanih za proizvodnju i korištenje kukaca kao izvora proteinske hrane za ljude i životinje.

Kako raste zanimanje javnosti za upotrebu kukaca u hranidbi ljudi i životinja, tako raste i interes proizvođača hrane za proizvodnju ove „nove“ vrste hrane. U bliskoj prošlosti, u različitim dijelovima svijeta pokrenute su različite aktivnosti ponajviše vezane za uzgoj larvi muha *H. illucens* i *M. domestica*. Tako su u Gani u suradnji s drugim europskim partnerima (CABI, PROteINSECT) pokrenuta istraživanja u kojima je uspješno proveden njihov uzgoj (Dević i sur., 2014.). Generalna uprava za istraživanje i inovacije Europske komisije (DG Research) također je sufinancirala istraživanje o izvedivosti korištenja proteina kukaca u hrani za životinje u okviru već spomenutog projekt partnera (PROteINSECT; EFSA, 2015). U tijeku su daljnja istraživanja koja procjenjuju koliko nastale larve kukaca mogu zamijeniti konvencionalne izvore proteina (sojino ili riblje brašno) u hranidbi peradi i vodenih životinja, ili ukoliko se koriste kao dodatak hranidbi zbog nedostatka nutrijenata (Anankware i sur., 2015.).

Ukoliko bi se kukci koristili kao hrana za životinje, moraju se uzgajati industrijski. Kako perad, svinje i ribe koriste više od 75% hrane proizvedene u svijetu, potencijal industrije za proizvodnju kukaca kao novog izvora proteina je ogroman. Industrijska proizvodnja larvi 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 larvi muha na dan, od čega se dobije 7 tona hrane od kukaca i tri tone ulja od kukaca. Uzimajući u obzir da se potrebe za hranom za životinje svakodnevno povećavaju, za korištenje hrane od kukaca kao alternativnog izvora proteina postaje svaki dan sve veći interes. Kukci kao hrana za životinje imaju veliki tržišni potencijal, ako se zna da je u 2014. g. godišnja proizvodnja hrane za životinje iznosila 980 milijuna metričkih tona (oko 460 milijuna dolara), od kojih je 45% predodređeno kao hrana za perad, 27% za svinje, 20% za preživače, 4% za vodene životinje, 2% za kućne životinje, te po 1% za konje i ostale životinje (van Huis, 2015.). U ovom

trenutku procjenjuje se da su troškovi proizvodnje hrane od *H. illucens* veći u odnosu na proizvodnju soje. Budući da globalni interes za proizvodnju hrane od kukaca za potrebe peradarske industrije raste, vjerojatno je da će budući tehnološki razvoj dovesti do smanjenja troškova te proizvodnje (Leiber i sur., 2015.).

Proizvodnja većih količina hrane od kukaca dovest će do mnogo novih izazova, uključujući pitanja sigurnosti hrane za životinje (i ljude) zbog mogućih zagađivača iz organskih nusproizvoda. Osnovni problemi korištenja proteina kukaca u hrani za perad (i ostale životinje) su sigurnost sirovina i potencijalni rizici koji uključuju kemijske, mikrobiološke i okolišne kontaminante, te alergene (ANSES, 2015.; EFSA, 2015.). Stoga je vrlo vjerojatno da će upotreba proteina kukaca u hrani za perad (i ostale životinje) biti dopuštena nakon temeljitog razmatranja sigurnosti njihove primjene. Trenutno postoji malo podataka koji su potrebni za analizu rizika, posebno onih koji se odnose na korištenje proteina kukaca u hrani za životinje kao i podataka o interferenciji proteina kukaca u hrani za životinje i u hrani za ljude (Charlton i sur., 2015.; EFSA, 2015.). Dosadašnja istraživanja nisu zabilježila bilo kakve zdravstvene probleme u peradi koja je hranjena proteinima kukaca. Tako su neki autori naveli da prilikom hranidbe pilića brašnom od kukaca koje je zamijenilo brašno od kikirikija u udjelu od 25% do 100%, mortalitet pilića uopće nije zabilježen. Također, drugi autori koji su radili slična istraživanja istaknuli su da nisu primijetili nikakve patološke promjene u pilićima hranjenih brašnom od kukaca (Makinde, 2015.). Charlton i sur. (2015.) istaknuli su da će za donošenje zaključaka o sigurnosti larvi muha i drugih kukaca u animalnim sirovinama pomoći razumijevanje utjecaja varijacija na sirovine i prirodno okruženje. Isti autori su zaključili da su prevencija, detekcija, identifikacija i smanjenje mikrobne kontaminacije osnovni zadaci za uspješnu i sigurnu proizvodnju hrane od kukaca (Charlton i sur., 2015.).

Nadalje, trenutno ne postoji pravna osnova za uključivanje proteina kukaca u komercijalnu hranidbu životinja, uključujući perad. Zakonodavni okvir koji se posebno odnosi na kukce namijenjene za hranidbu ljudi i životinja još uvijek je u razvoju te se u skorije vrijeme očekuje donošenje odluke. Prema Uredbi (EZ) br. 999/2001 Europskog parlamenta i Vijeća o utvrđivanju pravila za sprečavanje, kontrolu

i iskorjenjivanje određenih transmisivnih spongiformnih encefalopatija zabranjeno je u hranidbi farm-skih životinja koristiti prerađene animalne proteine (što uključuje i kukce) (Charlton i sur., 2015.). Također je prema Prilogu III, Uredbe (EZ) br. 767/2009 Europskog parlamenta (i Vijeća) o stavljanju na tržište i korištenju hrane za životinje, izmjeni Uredbe (EZ) br. 1831/2003 Europskog parlamenta i Vijeća i stavljanju izvan snage Direktive Vijeća 79/373/EEZ, Direktive Komisije 80/511/EEZ, direktiva Vijeća 82/471/EEZ, 83/228/EEZ, 93/74/EEZ, 93/113/EZ i 96/25/EZ te Odluke Komisije 2004/217/EZ zabranjeno hranjenje životinja izmetom, mokraćom i odvojenim sadržajem probavnog sustava nakon pražnjenja ili uklanjanja probavnog sustava bez obzira na način obrade ili primjesu, iako se oni koriste u drugim dijelovima svijeta kao supstrat u proizvodnji kukaca (Charlton i sur., 2015.; EFSA, 2015.). Moguće je da će se zbog potencijalnih ekonomskih prednosti i dobrog prihvatanja uporabe hrane od kukaca od strane farmera politički okvir vezan za ovu legislativu u budućnosti promijeniti.

ZAKLJUČCI

Uz rastuću svjetsku populaciju i sve veće zahtjeve potrošača, proizvodnja dovoljne količine proteina za potrebe hranidbe peradi predstavlja ozbiljan izazov za budućnost, posebno u zemljama u razvoju. Upotreba kukaca kao proteinske komponente u hranidbi peradi može riješiti dio problema vezanog za nestašicu proteina, s obzirom na njihovu visoku hranjivu vrijednost, niske emisije stakleničkih plinova, niske zahtjeve za zemljištem i visoku efikasnost konverzije hrane u visokovrijedne aminokiseline.

S obzirom da je za proizvodnju proteinske komponente od kukaca potrebna velika količina njihove biomase, nužno je razviti automatska postrojenja koja će proizvoditi jeftine proizvode, pouzdane, ujednačene i sigurne kvalitete. Kako bi se u potpunosti ostvario potencijal kukaca kao sigurne proteinske komponente u hranidbi peradi predstoji još puno aktivnosti za veliki krug dionika, što se posebno odnosi na provođenje daljnjih istraživanja vezanih za proizvodnju i korištenje kukaca u hranidbi peradi, donošenje zakonodavnog okvira za njihovo korištenje i procjenu rizika.

LITERATURA

1. Anankware PJ, Fening KO, Osekre E, Obeng-Ofori D (2015.): Insects as food and feed: A review *International Journal of Agricultural Research and Review*. 3:143-151.
2. Charlton AJ, Booth A, Cook N, Bruggeman G, Dickinson M, Fitches E, MacDonald S, Neal H, Robinson K, Romero R, Sissins J, Wakefield M (2014.): Safety and quality considerations of insects for animal feed In: *Book of Abstracts of Conference on Insects to Feed the World*, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands.
3. Charlton AJ, Dickinson M, Wakefield ME, Fitches E, Kenis M, Han R, Zhu F, Kone N, Grant M, Dević E, Bruggeman G, Prior R, Smith R (2015.): Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed *Journal of Insects as Food and Feed*, 1:7-16.
4. Dević E, Anankware JP, Murray F, Little DC: Breeding flies in Ghana (2014.): Implications of scaling up from pilot trials to commercial production scale In: *Book of Abstracts of Conference on Insects to Feed the World*, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands.
5. European Food Safety Authority, EFSA: Scientific opinion (2015.): Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed *EFSA Journal*, 13:4257.
6. FAO (2013.): Edible insects. Future prospects for food and feed security Dostupno na: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm>
7. Leiber F, Gelencser T, Stamer A, Amsler Z, Wohlfahrt J, Früh B, Maurer V (2015.): Insect and legume-based protein sources to replace soybean cake in an organic broiler diet: Effects on growth performance and physical meat quality *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1-7.
8. Makinde OJ (2015.): Maggot Meal: A Sustainable Protein Source for Livestock Production-A Review *Advances in Life Science and Technology*, 31:35-41.
9. Makkar HPS, Tran G, Heuze V (2015.): State-of-the-art on use insects as animal feed *Animal Feed Science and Technology*, 197:1-33.
10. De Marco MD, Martinez S, Hernandez F, Madrid J, Gai F, Rotolo L, Belforti M, Bergero D, Katz H, Dabbou S, Kovitvadhi A, Zoccarto I, Gasco L, Schiavone A (2015.): Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy *Animal Feed Science and Technology*, 209:211-218.
11. Maurer V, Holinger M, Amsler Z, Früh B, Wohlfahrt J, Stamer A, Leiber F (2015.): Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers *Journal of Insects as Food and Feed*, 1:1-8.
12. Okah U, Onwujiariri (2012.): Performance of finisher broiler chickens fed maggot meal as a replacement for fish meal *Journal of Agricultural Technology*. 8:471-477.
13. Oonincx DGAB (2014.): Environmental sustainability of insect production In: *Book of Abstracts of Conference on Insects to Feed the World*, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands.
14. Tschirner M, Simon A. and Ulrichs Ch (2014.): Optimisation of the composition of *Hermetia* meal as a potential feedstuff for broiler and fish *Abstract book Conference "Insects to Feed The World"*, The Netherlands, 181.
15. Tschirner M, Simon A (2015.): Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed *Journal of Insects as Food and Feed*. 1:249:259.
16. van Broekhoven S, Oonincx DGAB, van Huis A, Van Loon JJA (2014.): Edible mealworm species: the effect of diets composed of organic side stream material In: *Book of Abstracts of Conference on Insects to Feed the World*, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands.
17. van der Spiegel M, Noordam MY, van der Fels-Klerx HJ (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.
18. van Huis A, van Isterbeek J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P (2013.): Edible insects Future prospects for food and feed security *FAO Forestry, Paper 171*.
19. van Huis A (2015.): Edible insects contributing to food security? *Agriculture & Food Security*, 4:20.
20. French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety, ANSES (2015.): Opinion 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 Dostupno na: <https://www.anses.fr/en/documents/BIORISK2014sa0153EN.pdf>
21. Uredba (EZ) br. 999/2001 Europskog parlamenta i Vijeća od 22. svibnja 2001. o utvrđivanju pravila za sprečavanje, kontrolu i iskorjenjivanje određenih transmisivnih spongiformnih encefalopatija. *Official Journal of the European Union*, L147/1.

22. Uredba (EZ) br. 767/2009 Europskog parlamenta i Vijeća od 13. srpnja 2009. o stavljanju na tržište i korištenju hrane za životinje, izmjeni Uredbe (EZ) br. 1831/2003 Europskog parlamenta i Vijeća i stavljanju izvan snage Direktive Vijeća 79/373/EEZ, Direktive Komisije 80/511/EEZ, direktiva Vijeća 82/471/EEZ, 83/228/EEZ, 93/74/EEZ, 93/113/EZ i 96/25/EZ te Odluke Komisije 2004/217/EZ. Official Journal of the European Union, L229/1.

SUMMARY

Demand for food, especially meat, is increasing every day so the need for increasing protein supply from renewable sources is also increasing, which includes factory-farming insects. The use of insects in food and feed has potentially significant benefits for the environment, economy and availability of food. A number of organizations, including the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), have studied the possibility of using insects as a source of food and feed. Due to possible health risk issues of such food production for both, people and animals, the European Food Safety Authority (EFSA) developed a risk profile of using insects in October 2015. This profile answers the questions concerning the possible risks during production, processing and consumption of such alternative source of protein. Because of the lack of data, the EFSA recommends further researches related to production and use of insects as a source of protein for human and animal consumption. Studies conducted on laboratory animals have shown that the nutritional value of insects' protein is similar to soy and fishmeal protein so they can replace part of the traditional animal diet. Insects are also natural dietary sources for poultry and often used as complementary sources for animal feed in developing countries. Taking into account previous studies, feeding the poultry with insect's protein should be more economical and preferable from the standpoint of environmental protection. Furthermore, using meat and bone waste as food for insect's growth, which is not allowed as fodder, resolves a real problem of waste disposal. Therefore, it is expected that results of poultry meat analysis will give a better insight into the advantages and disadvantages of using insect protein in poultry feeding, from the standpoint of the safety of animal feed, production and processing.

Keywords: insect's protein, poultry feeding