

# Kukci u hranidbi životinja

M. Duvnjak\*, K. Kljak, M. Lončar, J. Pleadin, K. Gazić, I. Rajnović i D. Grbeša



## Sažetak

Kukci predstavljaju izvrstan izvor visokovrijednog i dobro probavljivog proteina za monogastrične domaće životinje. Protein kukaca u odnosu na konvencionalna proteinska krmiva odlikuje se višim sadržajem i probavljivošću aminokiselina te nižom cijenom proizvodnje što ga čini atraktivnim zamjenskim krmivom. Međutim, temeljem važećeg zakonodavstva, kukci i prerađeni proizvodi od kukaca trenutno nemaju znatan udio u proizvodnji hrane za životinje u Europskoj uniji. Navedeno stanje će se u

skorijoj budućnosti najvjerojatnije promijeniti. Tako je od 2017. godine prerađeni životinjski protein podrijetlom iz kukaca dopušteno koristiti za akvakulturu, dok se korištenje u ostalim kategorijama monogastričnih domaćih životinja razmatra. U ovom će radu biti opisane nutritivne karakteristike kukaca, njihova uporabljivost i najnovija zakonska regulativa vezana uz uporabu ovog tipa životinjskog proteina.

**Ključne riječi:** kukci, hranidba životinja, proteinska krmiva

## Uvod

Proizvodnja hrane, osobito animalne, glavni je pokretač klimatskih promjena putem korištenja zemljišta, gubitka bioraznolikosti, iscrpljivanja zaliha pitke vode te zagađenja okoliša (Springmann i sur., 2018.). Ekološki pritisak proizvodnje hrane za životinje kao i domaćih životinja u sustavu proizvodnje hrane, očituje se kroz dominantu emisiju stakleničkih plinova metana i dušik oksida (72-78 %), okupiranje 33 % poljoprivrednog zemljišta, deforestaciju tropskih šuma te zagađivanje okoliša spojevima dušika, fosforom, pesticidima te antibioticima. Predviđa se da će se stanje u budućnosti

još pogoršati, budući podatci Organizacije za prehranu i poljoprivredu (FAO) pokazuju da porast stanovništva i standarda, pogotovo u Aziji, povisuje potrošnju mesa, mlijeka i jaja te da će se do 2050. godine na razini Svijeta proizvodnja mesa udvostručiti s predviđenim rastom od 58 %. I u proizvodnji mlijeka predviđa se sličan trend, s porastom čak od 70 % do 2050. godine (van Huis, 2013.). Trenutačno se suočavamo s jednim od najvećih izazova 21. stoljeća koji se odnosi na evidentno povećanje svjetskih potreba za hranom, uz istovremenu potrebu za umanjnjem ekološkog otiska

Dr. sc. Marija DUVNJAK\*, ing. biotechn., (dopisni autor, e-mail: mduvnjak@agr.hr), poslijedoktorandica, dr. sc. Kristina KLJAK, ing. chem., docentica, Matko LONČAR, student, Ksenija GAZIĆ, ing. agronom., stručna savjetnica, dr. sc. Ivana RAJNOVIĆ, ing. agronom., poslijedoktorandica, dr. sc. Darko GRBEŠA, ing. agronom., redoviti profesor, Agronomski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska; dr. sc. Jelka PLEADIN, mag. chem., izvanredna profesorica, Hrvatski veterinarski institut, Zagreb, Hrvatska

poljoprivredne proizvodnje, s okosnicom na ekološki otisak u stočarstvu.

Danas su u EU glavni izvori sirovog proteina (SP) u hrani za životinje: biljna proteinska krmiva (sojina, repičina i suncokretova sačma, itd.), manje zastupljeno riblje brašno te, samo u hranidbi kućnih ljubimaca i akvakulture (riba), prerađeni životinjski protein. Proizvodnja glavnih visokoproteinskih krmiva sojine sačme i ribljeg brašna ima veliki utjecaj na okoliš. Sojina sačma čini 61 % svih proteinskih krmiva u hranidbi životinja i zauzima sve veće obradive površine, umanjujući time površine raspoložive za proizvodnju hrane za ljudske potrebe. Dodatno, stočarstvu EU nedostaju visokoproteinska (>40 % SP) krmiva pa se uvozi 97 % potrebne količine sojine sačme (EU Feed Protein Balance Sheet, 2019.). Postojeći je ekološki trend ograničiti i smanjiti krčenje tropskih šuma koje su generator ekološke održivosti planeta. Tropske šume primarna su lokacija povećanja obradivih poljoprivrednih površina (Foley i sur., 2011.). Nagli rast potrošnje riba u prehrani ljudi od 8 % godišnje zahtijeva veliku količinu glavne hrane za ribe - riblje brašno, čija proizvodnja zbog iscrpljenosti ribljeg fonda Svijeta ne raste (Veldkamp i sur., 2012.). Uporaba životinjskog proteina u hranidbi životinja strogo je ograničena na uporabu u hranidbi akvakulture TSE (engl.

*Transmissible Spongiform Encephalopathies*) legislativom (2010/2249(INI)).

Kako izvor SP predstavlja i do 70 % finalne cijene hrane za životinje, neophodno je pronaći njegove alternativne izvore u hranidbi životinja; peradi, svinja i riba. Soja i riblje brašno se u velikoj mjeri mogu zamijeniti alternativnim krmivima iz cirkularne poljoprivrede, čija proizvodnja se temelji na efikasnom iskorištenju dušika, fosfora i ugljika i rezultira manjim ekološkim pritiskom na okolinu (Rašković i sur., 2014.). Tako se kukci industrijski proizvode s malim ekološkim otiskom na najčešće biljnom otpadu kojega visokoučinkovito pretvaraju u vlastitu proteinsku masu te zamjenjuju soju i životinjski protein. Kukci imaju veliki potencijal u hrani za životinje zbog povoljnog visokog sadržaja SP i dobrog aminokiselinskog sastava, manjih proizvodnih zahtjeva te zbog činjenice da se svinje, perad te ribe i u prirodnim staništima hrane kukcima (Rumpold i Schlüter, 2013.).

U tabeli 1. naveden je sadržaj sirovog proteina u odmašćenju sojinoj sačmi, ribljem brašnu te u ličinkama najčešćih proizvodnih kukaca. Kukci po nekim autorima sadrže do 77 % SP u suhoj tvari (ST) (Xiaoming i sur., 2010.) ili čak do 88 % (Ramos-Elorduy i sur., 1997.) te predstavljaju potencijalno dobar izvor proteina u hrani za životinje. Trenutačno je uporaba prerađenog proteina iz

**Tabela 1.** Sadržaji sirovog proteina i sirove masti izraženi na suhoj tvari (% ST) iz najčešćih izvora sirovog proteina u hrani za životinje te u ličinkama odabranih vrsta kukaca (Veldkamp i sur., 2012., Makkar i sur., 2014.)

Izvor proteina/masti	Sirovi protein (% ST)	Sirova mast (% ST)
Crna vojnička muha, ličinke ( <i>Hermetia illucens</i> )	41-44	15-35
Kućna muha, ličinke ( <i>Musca domestica</i> )	42-60	9-26
Brašnar, ličinke ( <i>Tenebrio molitor</i> )	47-60	31-43
Riblje brašno	61-77	11-17
Sojina sačma, odmašćena	49-56	3

kukaca slobodna za korištenje u hranidbi akvakulture i to od 1. srpnja 2017. godine (EU br. 2017/893), dok je njihovo korištenje u ostalim kategorijama, peradi i svinjama, trenutno u procesu provjere za moguće odobrenje. Zakonsku regulativu o uporabi kukaca u hranidbi životinja obradit ćemo kasnije.

## Najčešći kukci u hranidbi životinja

Do danas je u literaturi dokumentirano više od 2000 vrsta kukaca povoljnih za korištenje za prehranu ljudi i hranidbu životinja (EFSA, 2015.). Za prehranu ljudi i hranidbu životinja na razini Svijeta, ponajviše u Africi, Aziji i južnoj Americi, koriste se kukci iz redova Coleoptera (kornjaši ili tvrdokrilci), Lepidoptera (leptiri, gusjenice), Hymenoptera (opnokrilci; ose ili pčele), Orthoptera (ravnokrilci; skakavci), Hemiptera (polikrilci; cvrčci ili stjenice), Isoptera (istokrišali ili termiti), Odonata (vretenca ili vilinski konjci), Diptera (dvokrilci; muhe ili obadi), Dytioptera (žoharaši; žohari ili bogomoljke), Megaloptera (muljari) te drugi.

Unutar navedenih redova kukaca, najveći potencijal za uporabu imaju vrste: *Tenebrio molitor* (brašnar), *Alphitobus diaperinus* (manji brašnar), *Acheta domesticus* (kućni zrikavac), *Gryllus*

*bimaculatus* (afrički crni zrikavac), *Hermetia illucens* (crna vojnička muha), *Locusta migratoria* (europski skakavac), *Bombyx mori* (dudov svilac), *Zophobas morio* (ličinke crva fobasa), *Musca domestica* (kućna muha), Orthoptera skupina (skakavci: *Oxya* spp., *Melanophus* spp., *Hieroglyphus* spp., *Acridia* spp.), *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, crvena palma pipa) te *Chrysomya chloropyga* (zelena muha). Navedene vrste izabrane su na temelju veličine jedinki, ponašanja, zdravstvene sigurnosti, epidemiologije, rasplodnog potencijala i potencijala za preživljenje, nutritivnog sastava, jednostavnosti skladištenja te tržišnog potencijala (Schabel, 2010.). Cilj je uporaba vrsta s višom proizvodnjom jaja, visokim izlijeganjem, kratkim periodom u obliku larve (ličinke), dobrom sinkronizacijom pupanja, većom masom ličinki i/ili kukuljica, dobrom otpornošću na bolesti i sposobnosti za uzgojem u gusto naseljenim kolonijama, visokom produktivnosti kroz bolju konverziju hrane i više dnevne priraste biomase uz niže cijene supstrata za uzgoj te što je najvažnije, uz dobru kakvoću proizvedenog proteina (Rumpold i Schlüter, 2013.).

## Nutritivna vrijednost kukaca

Kukci se brzo množe i relativno lako uzgajaju, imaju visoku konverziju hrane

**Tabela 2.** Sadržaji osnovnih hranjivih tvari nekih kukaca izraženi na suhoj tvari (% ST) (Makkar i sur., 2014.)

Vrsta kukca	SP, % ST	SM, % ST	UH, % ST	SPE, % ST
Crna vojnička muha, ličinke	41,1-43,6	15,0-34,8	7,0	14,6-26,8
Kućna muha, ličinke	42,3-60,4	9,0-26,0	1,6-8,6	6,2-17,3
Brašnar, ličinke	47,2-60,3	31,1-43,1	7,4-15,0	1,0-4,5
Skakavac	29,2-65,9	4,2-14,1	2,4-14,0	4,4-10,0
Zrikavac	55,0-67,2	9,8-22,4	15,7-22,1	3,6-9,1
Dudov svilac, ličinke	51,6-70,6	6,2-37,1	2,5-5,8	3,3-10,6

SP: sirovi protein; SM: sirova mast; UH: ugljikohidrati; SPE: sirovi pepeo; ST: suha tvar

te se mogu uzgajati i na bio-otpadu. Sama nutritivna vrijednost razlikuje se ovisno o stadiju razvoja kukca ali i o podlozi (supstratu) upotrijebljenom za uzgoj (Bukkens, 1997., Finke, 2005., Ademolu i sur., 2010., Ooninx i van der Poel, 2011., Ooninx i Dierenfeld, 2012., Belluco i sur., 2013., Rumpold i Schlüter, 2013., Makkar i sur., 2014., Mlcek i sur., 2014., Sanchez-Muros, 2014., Spranghers i sur., 2017.) te načinu prerade (Bukkens, 1997., Babiker i sur., 2007., Kinyuru i sur., 2010., Falade i Omojola, 2010.). Iako varijabilni u sadržajima osnovnih hranjivih tvari, kukci generalno obiluju u sirovom proteinu i sirovoj masti, dok je sadržaj sirovih vlakana i sirovog pepela niži (EFSA, 2015.). U tabeli 2. navedeni su sadržaji osnovnih hranjivih tvari nekih vrsta kukaca iz dostupne literature.

### Sirovi protein i aminokiselinski sastav

Sadržaj SP u kukcima varira ovisno o vrsti te načinu uzgoja i stadiju rasta (EFSA, 2015.). Tako su Xiaoming i sur. (2010.) pokazali da sadržaj SP u 100 različitih vrsta kukaca varira od 13 % do 77 % ST. Ramos-Elorduy i sur. (1997.) su pak na 78 različitih jestivih kukaca utvrdili sadržaj proteina od 15 % do čak 88 % ST. Ličinke crne vojničke muhe smatraju se visokovrijednim izvorom sirovog proteina (40-44 % ST) s dobrim sadržajem esencijalnog lizina (6-8 % SP, Makkar i sur., 2014.). Triptofan i lizin su najčešće primarne limitirajuće aminokiseline, koje određuju i samu kakvoću SP kukaca (Ramos-Elorduy i sur., 1997., Bukkens, 2005., Finke, 2005., Makkar i sur., 2014.). Ličinka i kukuljica (čahura, kokon) kućne muhe bogati su izvor SP, čija vrijednost varira ovisno o stadiju rasta kao i načinu uzgoja i obradi te supstratu za uzgoj. U literaturi se navodi sadržaj SP u ličinkama muhe od 38,90 % do 67,98 %, dok se za kukuljice taj raspon kreće od 61,40 % do čak 79,91 % (Pieterse i Pretorius, 2014.). Važno je istaknuti da, starije ličinke imaju u pravilu manji udio sirovog proteina, ali

se to ne reflektira na srednju vrijednost sadržaja SP u ličinkama zbog raznolikosti u rastu populacija i prisutnim ličinkama (Aniebo i sur., 2010., Makkar i sur., 2014.). Brašnare karakterizira sadržaj SP od 47 % do 60 % s dobrim sadržajem esencijalnih aminokiselina (Makkar i sur., 2014.). Skakavce, cvrčke i ostale insekte iz reda Orthoptera također odlikuje visoki sadržaj SP (50-65 %) iako su u literaturi zabilježene i niže vrijednosti (< 30 %) (Makkar i sur., 2014.). Ličinke i čahure dudovog svilca isto tako su bogati izvor proteina. Ličinke sadrže i do 93 % SP (Finke, 2002.), kukuljice mogu sadržavati od 52 % do 72 %, dok u odmašćenim kukuljicama taj sadržaj može biti i do 80 % (Makkar i sur., 2014.). Proteine iz ličinki dudovog svilca odlikuje nešto niži sadržaj pravog proteina (računski dobiven kao suma udjela aminokiselina) zbog nešto većeg sadržaja hitina u odnosu na ostale kukce. Tako je vrijednost pravog proteina u ličinki dudovog svilca 72,9 %, dok su u ostalih kukaca vrijednosti od 86 % do čak 100 % kao što je slučaj u ličinki brašnara (Finke, 2002.). U vrijednost SP u nekim kukcima ulaze i spojevi s dušikom koji povećavaju količinu SP, dio su egzoskeleta, ali nisu proteini, kao što je primjerice ugljikohidrat hitin (Bukkens, 1997., Klunder i sur., 2012., Makkar i sur., 2014.).

Limitirajuće aminokiseline u kukcima su triptofan, lizin i histidin (Sanchez-Muros i sur., 2014.). Općenito SP iz kukaca, crne vojničke muhe i dudovog svilca odlikuje dobar aminokiselinski sastav. Većina esencijalnih aminokiselina je zastupljenija nego li u soji (Makkar i sur., 2014.). Sadržaj esencijalnih aminokiselina u skakavaca, zrikavaca i ostalih kukaca iz reda Orthoptera je značajan, ali ipak nešto niži u usporedbi s crnom vojničkom muhom ili ličinkama kućne muhe. Tako je sadržaj lizina u kućnom cvrčku (*A. domestucus*) 5,4 % SP (Finke, 2002.), u poljskom cvrčku (*Gryllus testaceus*) 4,8 % SP (Wang i sur., 2005.), a u skakavcima

(porodice *Acrididae* i *Pyrgomorphidae*) oko 4,7 % SP (Alegbeleye i sur., 2012., Makkar i sur., 2014.). U prosjeku je sadržaj lizina u proteinu iz crne vojničke muhe 6-8 % SP, u kućnoj muhi u ličinkama oko 6,1 %, a u kukuljici oko 5,5 % SP (Aniebo i sur., 2008., Pretorius, 2011., Sealey i sur., 2011., Makkar i sur., 2014.). Kukuljice dudovog svilca odlikuje dobar sadržaj lizina. U neodmašćenim kukuljicama sadržaj lizina je od 6,5 % (Longvah i sur., 2011) do 7,5 % (Rao, 1994.), a u odmašćenim oko 6,2 % (od 5,8 % do 6,7 %; Lin i sur., 1983.). Sadržaj lizina u proteinu brašnara je oko 5,5 % te je općenito sadržaj limitirajućih aminokiselina za svinje i perad prikladan (Finke, 2002.). Smatra se da je sadržaj esencijalnih aminokiselina u kukcima povoljan, iako postoje znatne razlike između pojedinih vrsta. Zato se prilikom korištenja kukaca kao izvora aminokiselina treba koristiti dostupna literatura. Xiaoming i sur. (2010.) su u pregledu literature, pokrivajući oko 100 različitih vrsta kukaca, pokazali da esencijalne aminokiseline čine 35 %-50 % od ukupnih aminokiselina.

Osim same količine proteina te aminokiselinskog sastava proteina u različitim vrstama kukaca, kakvoću proteina te aminokiselina definira i njihova probavljivost. Ramos-Elorduy i sur. (1997.) su u svom istraživanju na više od 78 jestivih kukaca u Meksiku ustvrdili *in vitro* probavljivost proteina koja se kretala od 77 % do 98 %. Proteine kukaca odlikuje dobra probavljivost dokazana i putem *in vivo* istraživanja. Tako je fekalna probavljivost proteina crne vojničke muhe te soje u istraživanju na tovnoj prasadi dala podjednake vrijednosti od 76 % i 77 % (EFSA, 2015.). I druga istraživanja probavljivosti proteina dala su obećavajuće rezultate. Fekalna probavljivost proteina kućne muhe u istraživanju kompletnog obroka na tovnim pilićima iznosila su 69 % (Pretorius, 2011.) i 98,5 % (Hwangbo i sur., 2009.). Proteine kukaca odlikuje

i dobra probavljivost aminokiselina; Pretorius (2011.) bilježi probavljivost veću od 90 %. Hranidbena istraživanja na peradi i štakorima hranjenih kukcima ili proteinskim krmivom baziranim na kukcima pokazuju da je protein kukaca dostupan i visoko probavljiv te da je slične ili čak i bolje kakvoće nego li protein soje ili protein ribljeg brašna (Finke, 2002.), no i da ipak korištenje ovog tipa proteina treba uzimati s oprezom i u točno određenim količinama. Tako je supstitucija proteina soje s proteinima odmašćenih kukuljica dudovog svilca u hranidbi svinja pokazala da je moguća potpuna supstitucija, ali i to da je niža ješnost kada je udio proteina dudovog svilca veći od 50 % u obroku. U navedenom istraživanju niža ješnost nije imala utjecaja na prirast, jer je bila kompenzirana boljom konverzijom hrane (Coll i sur., 1992.), vjerojatno zbog povoljnijeg sadržaja lizina (Makkar i sur., 2014.). Često su lošiji rezultati ješnosti obroka s prerađenim kukcima (sušenim) rezultat oksidacije masnih kiselina i nastanka neugodnih mirisa (Finke, 2002.).

### Sirova mast i masne kiseline

Osim visokog sadržaja proteina, proizvode bazirane na kukcima odlikuje i nešto viši sadržaj sirove masti i masnih kiselina. Sadržaj sirove masti (SM) u kukcima varira od manje 5 % pa sve do više od 50 % ST te je veći u ličinkama i kukuljicama nego u odraslim jedinkama (Finke, 2002., Xiaoming i sur., 2010., Rumpold i Schuler, 2013., Makkar i sur., 2014., Mlcek i sur., 2014., Kouřimská i Adámková, 2016.). Gusjenice su stadij kukaca iz reda Lepidoptera (leptiri) koje sadržavaju najveće količine masti među svim kukcima (Kouřimská i Adámková, 2016.). Mast je prisutna u kukcima u različitim oblicima, od čega je najviše zastupljeno u obliku triacilglicerola (oko 80 %) i fosfolipida (do 20 %) (Tzompasosa i sur., 2014.). Triacilgliceroli kukcima služe kao skladište energije, dok se

fosfolipidi nalaze u membranama stanica. Sastav masnih kiselina u sirovoj masti kukaca različiti je od sastava iz animalnih ili biljnih masti. Mast kukaca sadrži povoljne udjele nezasićenih C18 masnih kiselina (oleinska, linolna i linolenska; tabela 3), ali sa značajnom varijabilnosti. Odnos zasićenih i nezasićenih masnih kiselina u kukcima varira od 0,4 pa do 0,65 (Rumpold i Schlüter, 2013.). U odnosu na sadržaj SP, sadržaj SM je više pod utjecajem tipa podloge za uzgoj kukaca. Tako je Bukkens (1997.) pokazao da sadržaj masnih kiselina varira unutar čak i istih taksonomskih porodica kukaca, ali da je sličan u svim kukcima koji su ulovljeni na istoj lokaciji. Ličinke crne vojničke muhe uzgojene na kravljem gnoju sadržavale su 21 % laurinske, 16 % palmitinske, 32 % oleinske i 0,2 % linolne kiseline, dok su uzgojem na 50 % kravljem gnoju i 50 % ribljim ostacima sadržavale 43 %

laurinske, 11 % palmitinske, 12 % oleinske i 3 % linolne kiseline (Makkar i sur., 2014.) Viši sadržaj SM u kukcima treba uzeti u obzir prilikom tehnološke obrade, budući da primjerice sušenje može prouzročiti oksidaciju masti (Finke, 2002.).

### Vlakna

Sadržaj vlakana u kukcima varira od 1,16 do 13,72 % ST te je sadržan u obliku hitina (Finke, 2007.). Netopivi ugljikohidratni N-acetil glukozamin polimer hitin dio je egzoskeleta, po strukturi je najbliži celulozi, te se određuje u obliku kiselih detergent vlakana uz korekciju (tabela 4). Hitin je u pravilu nisko probavljiv, ili se čak smatra neprobavljivim za ljude i neke životinje, a može prouzročiti i po život opasne zatvore u nedostatku hitinaze, enzima koji razgrađuje hitin, u probavnom sustavu (Van Huis i sur., 2013.). Visoki sadržaj

**Tabela 3.** Sadržaj masnih kiselina u odabranim kukcima (Womeni i sur., 2009.)

Vrsta kukca	Masna kiselina	Udio u SM	SFA, MUFA, PUFA
<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	Palmitoleinska	38 %	MUFA
	Linolna	45 %	PUFA
<i>Ruspolia differens</i>	Palmitoleinska	28 %	MUFA
	Linolna	46 %	PUFA
	Linolenska	16 %	PUFA
<i>Zonocerus variegates</i>	Palmitoleinska	24 %	MUFA
	Oleinska	11 %	MUFA
	Linolna	21 %	PUFA
	Linolenska	38 %	PUFA
<i>Macrotermes</i> sp.	Palmitinska	30 %	SFA
	Oleinska	48 %	MUFA
	Stearinska	9 %	SFA
<i>Imbrasia</i> sp.	Palmitinska	8 %	SFA
	Oleinska	9 %	MUFA
	Linolna	7 %	PUFA
	Linolenska	38 %	PUFA

SM: sirova mast; SFA: zasićene masne kiseline; MUFA: mononezasićene masne kiseline; PUFA: polinezasićene masne kiseline

hitina u sirovom proteinu smanjuje njegovu probavljivost (DeFoliart, 2002., Rumpold i Schlüter, 2013.). Tako je alkalijско odvajanje hitina za rezultat imalo povećanje probavljivosti proteina pčele sa 71,5 % na 94,3 % (Ozimek i sur., 1985.). No istovremeno hitin i njegov deacetilirani produkt hitosan mogu imati pozitivan utjecaj na imunosni sustav pilića i ostalih životinja, čime se općenito može smanjiti uporaba antibiotika, u peradarskoj proizvodnji i stočarstvu (Van Huis i sur., 2013.).

### Energija

Kukci su odličan izvor energije budući da sadrže više masti i proteina koji sadrže višu koncentraciju energije od škroba i šećera (39,3 : 22,6 : 17,15 kJ/g). Ličinke vojničke muhe bogate proteinom i mastima te siromašne hitinom, sadrže visokih 21,46 MJ, a odrasla muha koja sadrži puno hitina 15,22 MJ metaboličke energije (ME)/kg ST što je više nego sojina sačma (13,9 MJ ME/kg) i riblje brašno (14,6 MJ/kg) (Finke, 2013.). U prehrani ljudi više od 50 % korištenih kukaca sadrži više energije nego sojina sačma i čak 87 % više nego zrno kukuruza (Ramos-Elorduy i sur., 1997.).

### Minerali

Kukci mogu biti dobar izvor minerala kao što su: željezo, cink, kalij, natrij, kalcij, fosfor, magnezij, mangan i bakar (Van Huis i sur., 2013.). Željezom bogate gusjenice moljca *Gonimbrasia belina* sadržavaju i do 77 mg željeza na 100 g ST, a skakavci *L. migratoria* i do 20 mg željeza na 100 g ST (Oonincx i sur., 2010.). Sadržaji nekih minerala u odabranim vrstama kukaca navedeni su u tabeli 5.

### Vitamini

Sadržaj vitamina u kukcima uzgojenima na farmama ovisi ponajprije o supstratu za uzgoj dok je u divljim kukcima ovisan o sezoni (Kouřimská i Adámková, 2016.). Rumpold i Schlüter (2013.) navode da su kukci u pravilu dobar izvor riboflavina (B2), pantotenske kiseline (B5) i biotina (B7), dok vitamin A (retinol), vitamin C i u većinu slučajeva tiamin (B1) nisu zastupljeni u znatnijim količinama, iako gusjenice mogu sadržavati znatnije (32-48 µg/100 g) količine retinola (Kouřimská i Adámková, 2016.). Sam sadržaj vitamina ovisi i o vrsti kukca.

**Tabela 4.** Sadržaj kiselih detergent vlakana i preračunatog hitina u nekim kukcima (Finke, 2007.)

Vrsta kukca	KDV, mg/g	Povrat KDV <sup>a</sup> (kao AK), %	Preračunati hitin <sup>b</sup> , mg/kg udio u KDV	Preračunati hitin, mg/kg ST
Ličinka zrikavca	22,5	10,3	20,2	81,5
Odrasli zrikavac	26,0	17,3	21,5	67,6
Gigantske ličinke brašnara	23,0	14,9	19,6	55,7
Odrasli brašnar	74,0	32,7	49,8	137,2
Ličinka voskovog moljca	21,0	24,7	15,8	38,1
Ličinka dudovog svilca	9,0	6,7	8,4	66,6
Ličinke pčela medarica	3,0	9,3	2,7	11,6

KDV: kisela detergent vlakna; AK: aminokiseline; ST: suha tvar

<sup>a</sup> Zbroj količine aminokiselina u KDV podijeljen s ukupnom količinom KDV

<sup>b</sup> Umnožak KDV s ne-aminokiselinskim dijelom KDV

**Tabela 5.** Sadržaji minerala u odabranim vrstama kukaca [svi minerali izraženi su u g/kg ST, osim Mn, Cu i Zn koji su izraženi u mg/kg ST; Makkar i sur., 2014.]

Vrsta kukca	Ca	P	K	Na	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Crna vojnička muha, ličinke	75,6 ± 17,1	9,0 ± 4,0	6,9	1,3	3,9	1,4	246,0	108,0	6,0
Kućna muha, ličinke	4,7±1,7	16,0 ±5,5	5,7±3,5	5,2± 2,4	3,4±4,0	1,0±0,44	91±114	27±6,0	119±118
Brašnar, ličinke	2,7±1,9	7,8±3,7	8,9	0,9	2,3±0,4	7,0±32,0	9,0±4,0	16,0± 1,0	116,0±24,0
Zrikavac	10,1± 5,3	7,9			1,2	116,0±58,0	40,0±10,0	15,0±7,0	215,0± 60,0
Dudov svilac, ličinke	3,8±3,0	6,0±2,3			3,7± 2,5	326,0±67,0	18,0	15±12	224,0 ± 126,0

## Uvjeti uzgoja, obrade te sigurnosni aspekti korištenja kukaca i proizvoda od kukaca

Kukci trebaju dostupnost vode i hranjivih tvari te energije u obliku supstrata (podloge) za uzgoj (EFSA, 2015.). Industrijski uzgoj kukaca zahtijeva i dodatnu energiju za zagrijavanje jer su kukci poikilotermne (hladnokrvne) životinje. Nutritivne karakteristike kukaca uvelike su pod utjecajem supstrata za uzgoj. Ramos-Elorduy i sur. (2002.) su pokazali da uzgoj ličinki brašnara na različitim podlogama ima za rezultat ličinke različitih nutritivnih karakteristika. Do sada je većina istraživanja o nutritivnim karakteristikama kukaca bila vezana uz kukce ulovljene u divljini te bi se trebale ustvrditi i karakteristike različitih vrsta kukaca uzgojenih na komercijalnim i zakonom dopuštenim podlogama. Dopuštene podloge za uzgoj kukaca, kao i dopušteni kukci za uzgoj u Europskoj uniji navedeni su u narednom poglavlju.

Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) 2015. godine je napravila analizu rizika vezano uz korištenje kukaca u hrani i hrani za životinje. Po tom izvješću, kukci se na farmama kukaca u Europskoj

uniji uzgajaju u zatvorenim prostorima, u boksovima i kavezima, u kojima se regulira atmosfera, dostupnost vode te hranjive podloge. Kukci se u pravilu uzgajaju bez uporabe antibiotika ili hormona, ali se za dezinfekciju između pojedinih šarži uzgoja upotrebljavaju biocidi. Iznimku predstavlja intenzivna proizvodnja kukaca u kojoj je moguća uporaba antibiotika. Uvjeti atmosfere i vrijeme uzgoja ovise o vrsti kukca. Za uzgoj konzumnih ličinki brašnara potrebna je temperatura od 28-30 °C i relativna vlažnost zraka od 60 % u periodu od 8 do 10 tjedana, dok je taj period za ličinke crne vojničke muhe svega 12 dana (EFSA, 2015.).

Osim po pitanju nutritivnih karakteristika, pažnju treba posvetiti i zdravstvenoj ispravnosti proizvoda od kukaca. Kako bi se smanjile biološke opasnosti prerađenih životinjskih proteina dobivenih od kukaca iz uzgoja potrebno je iste proizvoditi u pogonima namijenjenima isključivo njihovoj proizvodnji bez križanja s ostalim proizvodnim linijama te je potrebno uvesti adekvatne tehnološke procese obrade takvih proizvoda. U provedbenoj Uredbi EU br. 142/2011 (provedbena Uredba Uredbe (EZ) br. 1069/2009 Europskog



parlamenta i Vijeća o utvrđivanju zdravstvenih pravila za nusproizvode životinjskog podrijetla i od njih dobivene proizvode koji nisu namijenjeni prehrani ljudi i o provedbi Direktive Vijeća 97/78/EZ u pogledu određenih uzoraka i predmeta koji su oslobođeni veterinarskih pregleda na granici na temelju te Direktive), prilogu V, poglavlju III, definirano je šest standardnih metoda obrade takvih proizvoda te jedna metoda koju je odobrilo nadležno tijelo pojedinih država članica EU, a kojih se moraju držati proizvođači proizvoda od kukaca. Proizvodi od kukaca uključuju: cijele kukce, procesirane cijele kukce npr. brašno ili pasta od kukaca ili prerađene, ekstrahirane proizvode iz kukaca kao što su prerađeni životinjski protein, mast i hitin. Sam proces obrade ovisi o tipu proizvoda od kukaca. Tako postupci za cijele kukce uključuju blanširanje, zamrzavanje i sušenje dok je za brašno i pastu kukaca važan korak i meljava nakon sušenja (brašno) ili nakon zamrzavanja (pasta). Kod prerađenih proizvoda sami postupci prerade su strogo kontrolirani i često su sami detalji tvornička tajna proizvođača, a najčešće uključuju mehaničku separaciju npr. hitina te kasniju ekstrakciju otapalima kao i druge sofisticirane postupke, kao što su mikrovalna ekstrakcija, superkritična fluidna ekstrakcija, itd. (EFSA, 2015.). Navedeni postupci se provode kako bi se osigurala trajnost proizvoda i reducirala mogućnost mikrobnih i drugih tipova kontaminacija te tako osigurala zdravstvena ispravnost finalnih proizvoda.

Mikrobiološki rizik uporabe kukaca uključuje mikroorganizme koji su intrizično vezani uz samu vrstu kukca i one koji su uvedeni kroz uzgoj i preradu kukaca. Banjo i sur. (2005.) navode patogene *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aspergillus tamarii* i *Bacillus cereus* izolirane iz ličinki kućne muhe uzgojene na supstratu od

svježe ribe. U Nigeriji je skupina autora izolirala *Escherichia coli* i *Klebsiella aerogenes* u svježim, a *Staphylococcus* sp. u termički obrađenim ličinkama crvene palmine pipe (*Rhynchophorus phoenicis*) (Opara i sur., 2012.). Kukci i proizvodi od kukaca su mogući vektori za širenje *Salmonella* sp. (Davies i Breslin, 2003., Holt i sur., 2007., Agabou i Alloui, 2010.), ali je potencijal za kontaminaciju i širenjem patogena ovisan i reduciran dobrom proizvođačkom praksom. Mikrobiološki rizik prerađenog životinjskog proteina kukaca sličan je riziku ostalih tipova životinjskog prerađenog proteina (EFSA, 2015.).

## Pravni aspekti uporabe kukaca

Zakonska regulativa na razini Europske unije za uporabu kukaca u hranidbi životinja je u postupku izrade te je njihovo korištenje izravno odobreno samo za akvakulturu (slika 1). Istovremeno se kukci u nekim drugim dijelovima Svijeta koriste u hranidbi i ostalih kategorija životinja, kao što je upotreba brašnara u hranidbi pilića u Kini i drugim dijelovima Azije te Africi i južnoj Americi (EFSA, 2015.). Unutar Europske unije kukci spadaju u "novu hranu", jer nisu bili u značajnijoj uporabi prije 15. svibnja 1997. godine. Nova hrana podilazi specifičnim uputama za proizvodnju i distribuciju definiranim u Uredbi EU br. 2015/2283. Osim navedene Uredbe, za proizvodnju kukaca i proizvoda od kukaca važne su i Uredbe EU br. 178/2002 (takozvani Zakon o hrani) te Uredbe 999/2001, 852/2004, 183/2005, 1069/2009, 142/2011 i 893/2017.

Od proračuna bioloških i kemijskih rizika (kontaminacija) zbog uporabe kukaca utvrđeni su rizici vezani uz: metodologiju proizvodnje, upotrijebljenu podlogu za uzgoj, stadij razvoja kukaca, vrstu kukca te metode koje se koriste za procesiranje i dobivanje konačnog

proizvoda (EFSA, 2015.). Na razini EU za uzgoj kukaca dopuštene su samo podloge biljnog podrijetla, uz neke iznimke kao što su: riblje brašno, proizvodi od krvi dobiveni od nepreživača, dikalcij fosfat i trikalcij fosfat životinjskog podrijetla, hidrolizirani proteini dobiveni od nepreživača, hidrolizirani proteini dobiveni od krzna i kože preživača, želatina i kolagen dobiveni od nepreživača, jaja i proizvodi od jaja, mlijeko, proizvodi na bazi mlijeka, proizvodi dobiveni od mlijeka i kolostrum, med te topljena mast. Kako kukci pripadaju u kategoriju životinja iz uzgoja, korištenje mesno-koštanog brašna, gnoja i ugostiteljskog otpada, kao i proteina preživača i izmeta, strogo je zabranjeno kao podloga za uzgoj kukaca. Obveza je svakog uzgajivača osigurati i dobro zdravlje kukaca te spriječiti pojavu i širenje bolesti, što je definirano EU zakonom o zdravlju životinja (engl. *EU Animal Health Law – regulation (EU) No. 429/2016 on transmissible animal diseases*) no kukci su istovremeno izostavljeni iz Direktive o dobrobiti životinja (EU Direktiva br. 98/58). Na razini EU na snazi je i popis invazivnih stranih vrsta koje je strogo zabranjeno uzgajati na području EU (Uredba EU br. 1143/2014); od kukaca na listi je trenutno prisutan samo azijski stršljen (*Vespa velutina nigrithorax* de Buysson, 1905). Navedena lista je obvezujuća i primjenjuje se u svim zemljama članicama EU (Uredba EU br. 2016/1141).

Svaki se uzgajivač kukaca mora registrirati za tu namjenu pri nadležnom tijelu, odnosno Ministarstvu poljoprivrede. Sam uzgoj i sigurnosni standardi uzgoja za hranu za životinje definirani su Uredbom EC br. 183/2005. Kukci i proizvodi od kukaca, ali bez živih kukaca, namijenjeni hranidbi životinja smatraju se životinjskim nusproizvodom te takvi podliježu Uredbi EC br. 1089/2009 koja definira utvrđivanje zdravstvenih pravila za nusproizvode

životinjskog podrijetla i od njih dobivenih proizvoda koji nisu namijenjeni prehrani ljudi (engl. *Regulation (EC) No 1069/2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption*) te njenoj provedbenoj Uredbi EU br. 142/2011. Navedena Uredba definira podloge za uzgoj kukaca, ali i kukce i njihove prerađene proteine, čiji uvoz je moguć u zemlje Europske unije, a to su: crna vojnička muha (*Hermetia illucens*), kućna muha (*Musca domestica*), veliki brašnar (*Tenebrio molitor*), manji brašnar (*Alphitobius diaperinus*), kućni šturak odnosno zrikavac (*Acheta domestica*), tropski kućni zrikavac (*Grylloides sigillatus*) i livadski zrikavac (*Gryllus assimilis*). S EU Uredbom br. 893/2017 omogućen je uzgoj navedenih kukaca i proizvodnja prerađenog životinjskog proteina od kukaca u hranidbi životinja akvakulture, a od prije su se kukci mogli uzgajati za hranu za kućne ljubimce.

Uredba EU iz 2017. godine (EU br. 893/2017) navodi da bi kukci mogli biti alternativno i održivo rješenje za konvencionalne izvore životinjskih proteina namijenjenih hrani za monogastrične životinje iz uzgoja, da je već u nekim državama članicama započeo uzgoj kukaca za proizvodnju prerađenih životinjskih proteina u hrani za kućne ljubimce i akvakulturu te da se ta proizvodnja odvija pod nadzorom nacionalnih sustava kontrole tijela država članica. Uredba EU br. 893/2017 definira objekte za proizvodnju, skladištenje i transport proizvoda od prerađenih životinjskih proteina dobivenih od kukaca te ograničenja takve proizvodnje. Svi proizvodi prerađenog proteina od kukaca iz uzgajališta moraju biti definirani kao: "prerađene bjelančevine od kukaca - nije za hranidbu životinja iz uzgoja osim životinja akvakulture i krznaša" a na proizvedenim smjesama koje sadržavaju takve proteine mora se navesti sljedeće: "sadržava prerađene

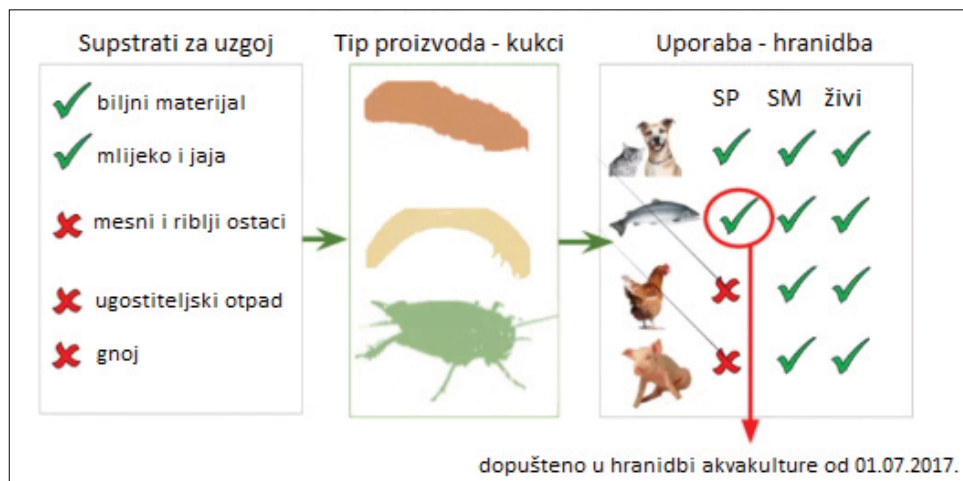
životinjske bjelančevine od nepreživača – nije za hranidbu životinja iz uzgoja osim životinja akvakulture i krznaša”. U Uredbi EU br. 893/2017 navedeni su i zahtjevi uvoza/izvoza prerađenih životinjskih proteina dobivenih od kukaca te struktura i potrebne informacije u zdravstvenom certifikatu koji je potrebno priložiti uz takve proizvode.

Europski zakoni moraju definirati sigurnosne protokole za proizvodnju, oglašavanje i distribuciju kukaca. Trenutno je navedeno postignuto za uporabu kukaca u hrani za životinje akvakulture, dok se za ostale monogastrične životinje (perad i svinje) na tome radi (slika 1). Iako su zbog Uredbe EU br. 999/2001 o utvrđivanju pravila za sprječavanje, kontrolu i iskorjenjivanje određenih transmisivnih spongiformnih encefalopatija, proizvodi prerađenog proteina od kukaca trenutno zabranjeni za uporabu u hranidbi peradi i svinja, od 2012. godine krovna europska organizacija proizvođača kukaca, IPIFF (engl. *The International Platform of Insects for Food and Feed*) radi na tome da se odobri uporaba kukaca te prerađenog proteina iz kukaca i za svinje i perad.

Novije mišljenje EFSA navodi da je mikrobiološka sigurnost prerađenog proteina od kukaca slična, ako ne i veća u odnosu na ostale izvore proteina animalnog podrijetla (EFSA, 2015.), što ide u prilog odobrenju ovog tipa proteina za uporabu u hranidbi ostalih nepreživača, a ne samo akvakulture i kućnih ljubimaca. Time kukci i proizvodi od kukaca imaju izglednu budućnost u proizvodnom lancu hrane za životinje.

## Zaključak

Obzirom na evidentno povećanje svjetskih potreba za hranom i istovremenu potrebu za umanjnjem ekološkog otiska poljoprivredne proizvodnje, od velikog su značenja istraživanja primjene kukaca i proizvoda od kukaca u hranidbi različitih kategorija domaćih životinja koje se uzgajaju za potrebe proizvodnje hrane. Pojedine vrste kukaca pokazuju prikladne karakteristike, što ide u prilog odobrenju ovog tipa sirovog proteina za uporabu u hranidbi životinja. Potrebna su daljnja istraživanja mikrobiološke sigurnosti te nutritivnih svojstava različitih vrsta kukaca i proizvoda od



Slika 1. Prikaz EU regulacije za uporabu kukaca i njihovih proizvoda (prerađenog proteina i masti), preuzeto sa službene mrežne stranice Europske organizacije proizvođača kukaca (IPIFF, 2012.).

kukaca s naglaskom na prerađenom životinjskom proteinu od kukaca, čime bi ovi proizvodi imali izglednu budućnost u proizvodnom lancu hrane za životinje.

## Literatura

- ADEMOLU, K. O., A. B. IDOWU and G. O. OLATUNDE (2010): Nutritional value assessment of variegated grasshopper, *Zonocerus variegatus* (L.) (Acridoidea: Pygomorphae), during post-embryonic development. *Afr. Entomol.* 18, 360-364.
- AGABOU, A. and N. ALLOUI (2010): Importance of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) as a reservoir for pathogenic bacteria in Algerian broiler houses. *Vet. World* 3, 71-73.
- ALEGBELEYE, W. O., S. O. OBASA, O. O. OLUDE, K. OTUBU and W. JIMOH (2012): Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquac. Res.* 43, 412-420.
- ANIEBO, A.O., E. S. ERONDU and O. J. OWEN (2008): Proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica*) meal generated from mixture of cattle blood and wheat bran. *Livestock Research for Rural Development*. 20, 205. <http://www.lrrd.org/lrrd20/12/anie20205.html>. Pristupljeno 02. svibnja 2019
- ANIEBO, A. O. and O. J. OWEN (2010): Effects of age and method of drying on the proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica* Linnaeus) Meal(HFLM). *Pak. J. Nutr.* 9, 485-487.
- BABIKER, E. E., A. B. HASSAN and M. M. ELTAYEB (2007): Solubility and functional properties of boiled and fried Sudanese tree locust flour as a function of NaCl concentration. *J. Food Technol.* 5, 210-214.
- BANJO, A. D., O. A. LAWAL and O. O. ADEDUJI (2005): Bacteria and fungi isolated from housefly (*Musca domestica* L.) larvae. *Afr. J. Biotechnol.* 4, 780-784.
- BELLUCO, S., C. LOSASSO, M. MAGGIOLETTI, C. C. ALONZI, M. G. PAOLETTI and A. RICCI (2013): Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12, 296-313.
- BUKKENS, S. G. F. (1997): The nutritional value of edible insects. *Ecol. Food Nutr.* 36, 287-319.
- COLL, J. F. C., M. P. A. L. CRESPI, M. G. O. R. ITAGIBA, J. C. D. SOUZA, A. V. C. GOMES and F. C. DONATTI (1992): Utilization of silkworm pupae meal (*Bombyx mori* L.) as a source of protein in the diet of growing-finishing pigs. *R. Bras. Zootec.* 21, 378-383.
- DAVIES, R. H. and C. WRAY (1996): Persistence of *Salmonella enteritidis* in poultry units and poultry food. *Br. Poult. Sci.* 37, 589-596.
- DEFOLIART, G. (2002): The human use of insects as food resource: a bibliographic account in progress. Wisconsin: University of Wisconsin-Madison, Department of entomology. <http://labs.russell.wisc.edu/insectsaasfood/the-human-use-of-insects-as-a-food-resource/> Pristupljeno 20. Svibnja 2019.
- EFSA Scientific Committee (2015): Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA J.* 13, 4257-4587.
- EPA (2019): Trends in Greenhouse Gas Emissions. EPA 430-R-19-001. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-04/documents/us-ghg-inventory-2019-chapter-2-trends.pdf>. Pristupljeno 12. travnja 2019.
- FALADE, K. O. and B. S. OMOJOLA (2010): Effect of processing methods on physical, chemical, rheological, and sensory properties of Okra (*Abelmoschus esculentus*). *Food Bioproc. Tech.* 3, 387-394.
- FINKE, M. D. (2002): Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol.* 21, 269-285.
- FINKE, M. D. (2005): Nutrient content of insects. In: Capinera, J. L.: *Encyclopedia of Entomology*. Springer, The Netherlands, (1563-1575).
- FINKE, M. D. (2007): Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biol.* 26, 105-115.
- FINKE, M. D. (2013): Complete Nutrient Content of Four Species of Feeder Insects. *Zoo Biol.* 32, 27-36.
- FOLEY, J. A., N. RAMANKUTTY, K. A. BRAUMAN, E. S. CASSIDY, J. S. GERBER, M. JOHNSTON, N. D. MUELLER, C. O'CONNELL, D. K. RAY, P. C. WEST and C. BALZER (2011): Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337-342.
- HOLT, P. S., C. J. GEDEN, R. W. MOORE and R. K. GAST (2007): Isolation of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis from houseflies (*Musca domestica*) found in rooms containing *Salmonella* serovar Enteritidis-challenged hens. *Appl. Environ. Microbiol.* 73, 6030-6035.
- HWANGBO, J., E. C. HONG, A. JANG, H. K. KANG, J. S. OH, B. W. KIM and B. S. PARK (2009): Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *J. Environ. Biol.* 30, 609-614.
- INAOKA, T., G. OKUBO G., M. YOKOTA and M. TAKEMASA (1999): Nutritive value of house fly larvae and pupae fed on chicken feces as food source for poultry. *J. Poult. Sci.* 36, 174-180.
- IPIFF. (2012): The International Platform of Insects for Food and Feed. <http://ipiff.org> Pristupljeno 06. lipnja 2019.
- KINYURU, J. N., G. M. KENJI, S. M. NJOROGI and M. AYIEKO (2010): Effect of processing methods on the in vitro protein digestibility and vitamin content of edible winged termite (*Macrotermes subhyalans*) and grasshopper (*Ruspolia differens*). *Food Bioproc. Tech.* 3, 778-782.
- KLUNDER, H. C., J. WOLKERS-ROOIJACKERS, J. M. KORPELA and M. J. R. NOUT (2012): Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food control* 26, 628-631.

27. KOUŘIMSKÁ, L. and A. ADÁMKOVÁ (2016): Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal* 4, 22-26.
28. LIN, S. W., L. R. NJAA, B. O. EGGUM and H. Y. SHEN (1983): Chemical and biological evaluation of silk worm chrysalid protein. *J. Sci. Food Agric.* 34, 896-900.
29. LONGVAH, T., K. MANGTHYA and P. RAMULU (2011): Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricini*) prepupae and pupae. *Food Chem.* 128,400-403.
30. MAKKAR, H. P. S., G. TRAN, V. HEUZE and P. ANKERS (2014): State-of-the art on use of insects in animal feed. *Anim. Feed Sci. Tech.* 197, 1-33.
31. MLCEK, J., O. ROP, M. BORKOVCOVA and M. BEDNAROVA (2014): A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe - a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 64, 147-157.
32. OONINCX, D. G. A. B., J. VAN ITTERBEECK, M. J. HEETKAMP, H. VAN DEN BRAND, J. J. VAN LOON and A. VAN HUIS (2010): An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS One* 5, 14445.
33. OONINCX, D. G. A. B. and A. F. B. VAN DER POEL (2011): Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biol.* 30, 9-16.
34. OONINCX, D. G. A. B. and E. S. DIERENFELD (2012): An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biol.* 31, 40-54.
35. OPARA, M. N., F. T. SANYIGHA, I. P. OGBUEWU and I. C. OKOLI (2012): Studies on the production trend and quality characteristics of palm grubs in the tropical rainforest zone of Nigeria. *J. Agric. Technol.* 8, 851-860.
36. OZIMEK, L., W. C. SAUER, V. KOZIKOWSKI, J. K. RYAN, H. JØRGENSEN and P. JELEN (1985): Nutritive value of protein extracted from honey bees. *J. Food Sci.* 50, 1327-1329.
37. PIETERSE, E. and Q. PRETORIUS (2014): Nutritional evaluation of dried larvae and pupae meal of the housefly (*Musca domestica*) using chemical-and broiler-based biological assays. *Anim. Prod. Sci.* 54, 347-355.
38. PRETORIUS, Q. (2011): The evaluation of larvae of *Musca Domestica* (Common House Fly) as protein source for broiler production. MSc Thesis. Department of Animal Sciences, Faculty of AgriSciences, University of Stellenbosch, South Africa.
39. RAMOS-ELORDUY, J., J. M. PINO, E. E. PRADO, M. A. PEREZ, J. L. OTERO and O. L. DE GUEVERA (1997): Nutritional value of edible insects from the State of Oaxaca, Mexico. *J. Food Compos. Anal.* 10, 142-157.
40. RAMOS-ELORDUY, J., E. A. GONZÁLEZ, A. R. HERNÁNDEZ and J. M. PINO (2002): Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *J. Econ. Entomol.* 95, 214-220.
41. RAO, P. U. (1994): Chemical composition and nutritional evaluation of spent silk worm pupae. *J. Agr. Food Chem.* 42, 2201-2203.
42. RAŠKOVIĆ, N., A. EKERT KABALIN i M. ŠIMPRAGA (2014): Osnovni principi ekološke poljoprivredne i stočarske proizvodnje. *Vet. stn.* 45, 281-286.
43. RUMPOLD, B. A. and O. K. SCHLÜTER (2013): Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol. Nutr. Food Res.* 57, 802-823.
44. SANCHEZ-MUROS, M. J., F. G. BARROSO and F. MANZANO-AGUGLIARO (2014): Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *J. Clean. Prod.* 65, 16-27.
45. SCHABEL, H. G. (2010): Forest insects as food: A global review. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development "Forest insects as food: Humans bite back" (Chiang Mai, Thailand , 19-21 February 2008). Zbornik referata Bangkok, Thailand 2010, 37-64.
46. SEALEY, W. M., T. G. GAYLORD, F. T. BARROWS, J. K. TOMBERLIN, M. A. MCGUIRE, C. ROSS and S. ST-HILAIRE (2011): Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. *J. World Aquacult. Soc.* 42, 34-45.
47. SPRANGHERS, T., M. OTTOBONI, C. KLOOTWIJK, A. OVYN, S. DEBOOSERE, B. DE MEULENAER, J. MICHIELS, M. EECKHOUT, P. DE CLERCQ and S. DE SMET (2017): Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J. Sci. Food Agric.* 97, 2594-2600.
48. SPRINGMANN, M., M. CLARK, D. MASON-D'CROZ, K. WIEBE, B. L. BODIRSKY, L. LASSALETTA, W. DE VRIES, S. J. VERMEULEN, M. HERRERO, K. M. CARLSON and M. JONELL (2018): Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature* 562, 519-525.
49. TZOMPA-SOSA, D. A., L. YI, H. J. VAN VALENBERG, M. A. VAN BOEKEL and C. M. LAKEMOND (2014): Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Res. Int.* 62, 1087-1094.
50. VAN HUIS, A. (2013): Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 563-583.
51. VAN HUIS, A., J. VAN ITTERBEECK, H. KLUNDER, E. MERTENS, A. HALLORAN, G. MUIR and P. VANTOMME (2013): Edible insects: future prospects for food and feed security (No. 171). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
52. VELDKAMP, T., G. VAN DUINKERKEN, A. VAN HUIS, C. M. M. LAKEMOND, E. OTTEVANGER, G. BOSCH and T. VAN BOEKEL (2012): Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets: a Feasibility Study = Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoeders: een haalbaarheidsstudie (No. 638). Wageningen UR Livestock Research.

53. WANG, D., S. W. ZHAI, C. X. ZHANG, Y. Y. BAI, S. H. AN and Y. N. XU (2005): Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-australas. J. Anim. Sci.* 18, 667-670.
54. WOMENI, H. M., M. LINDER, B. TIENCHEU, F. T. MBIAPO, P. VILLENEUVE, J. FANNI and M. PARMENTIER (2009): Oils of insects and larvae consumed in Africa: potential sources of polyunsaturated fatty acids. *OCL-Oleagineux Corps Gras Lipides* 16, 230-235.
55. XIAOMING, C., F. YING, Z. HONG and C. ZHIYONG (2010): Review of the nutritive value of edible insects. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand „Forest insects as food: humans bite back” (Chiang Mai, Thailand, 19-21 February 2008). Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development. Chiang Mai (93-98).

## Insects in animal nutrition

Marija DUVNJAK, BSc, PhD, postdoc student, Kristina KLJAK, BSc, PhD, Assistant Professor, Matko LONČAR, student, Ksenija GAZIĆ, BSc, Expert Associate, Ivana RAJNOVIĆ, BSc, PhD, postdoc student, Darko GRBEŠA, BSc, PhD, Full Professor, Faculty of Agriculture University of Zagreb, Croatia; Jelka PLEADIN, BSc, PhD, Associate Professor, Croatian Veterinary Institute, Zagreb, Croatia

Insects represent an excellent source of high-quality and easily-digestible proteins for monogastric domestic animals. In comparison to conventional protein sources, insects in feed are characterized by a higher essential amino acid content, better amino acid digestibility, and lower production prices, making them an attractive substitute. However, according to the current legislation, insects and processed insect products do not presently have a significant share in feed production in the

European Union, though this can be expected to change in the near future. Since 2017, insect-derived proteins are permitted for use in for aquaculture, while their use in other categories of monogastric domestic animals is under consideration. This study outlines the nutritional characteristics of insects, their applicability and the latest legal regulations related to the use of this type of animal protein.

**Key words:** *insects; animal nutrition; protein feeds*