

ŽUŽELKE V PREHRANI PERUTNINE, PRAŠIČEV IN DRUŽNIH ŽIVALI INSECTS IN THE DIETS OF POULTRY, PIGS AND PETS

Janez SALOBIR¹, Tatjana PIRMAN², Alenka LEVART³

IZVLEČEK

Žuželke so bile vedno del prehrane živali, so del živalske evolucije. Glede na sestavo so žuželke v prehrani živali predvsem vir beljakovin, ki naj bi bile, sploh če jih gojimo na odpadkih, tudi bolj trajnostna alternativa za običajna, z beljakovinami bogata krmila. Vendar, žuželke niso le beljakovine, so kompleksna krmila, ki v prehrano vnašajo cel spekter hranil, pa tudi drugih snovi, ki imajo lahko antinutritivne in/ali funkcionalne učinke. Žuželke se lahko brez velikih težav vključuje v prehrano perutnine, prašičev in družnih živali predvsem kot vir kakovostnih beljakovin in kot izdaten vir energije. Ob tem se je potrebno zavedati nekaterih omejitev, ki so povezane z razlikami v hranilni vrednosti krmil iz žuželk, ki je odvisna od vrste, njihove starosti oz. razvojne stopnje žuželk, od substrata na katerem so žuželke gojene, tehnologije predelave (sušenje, način ekstrakcije, odstranjevanje hitina...), z razlikami v vsebnosti hranil v krmnih mešanicah, do katerih pride zaradi zamenjave klasičnih krmil z žuženkami, z deležem v krmnih mešanicah, z vplivom na okusnost krme, ter seveda vrste in kategorije živali, ki jih z žuženkami krmimo. Seveda je pri uporabi žuželk, tako kot pri drugih krmilih, potrebno razmišljati tudi o varnosti, ceni, dostopnosti, vplivih na okolje, sprejemljivosti za potrošnike in vseh drugih vidikih trajnosti in krožnega biogospodarstva.

Ključne besede: žuželke, prehrana, prašiči, perutnina, družne živali

ABSTRACT

Insects have always been part of the animal diet, they are part of evolution. In terms of composition, insects are primarily a source of protein, which, especially when bred on waste, could also be a more sustainable alternative to conventional high-protein feeds. However, insects are not only proteins, but complex feeds that contribute a whole spectrum of nutrients to the diet, as well as other substances that can have antinutritional and/or functional effects. Insects can be readily incorporated into the diets of poultry, swine, and companion animals, particularly as a source of high-quality protein and a rich source of energy. It is necessary to be aware of some limitations related to differences in the nutritional value of insect feed, which depends on the species, their age and developmental stage, the substrate on which the insects are grown, and processing technologies (drying, extraction, removal of chitin, etc.), as well as with the differences in the nutrient content of the feed mixture resulting from the replacement of conventional feeds with insects, the proportion in the feed mixture, the effects on the palatability of the feed, and the species and categories of animals to which we feed insects. The use of insects must consider safety, price, accessibility, environmental impact, consumer acceptance and all other aspects of sustainability and circular bioeconomy.

Key words: nutrition, insects, pig, poultry, pet

1 prof. dr., univ. dipl. inž. zoot., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Katedra za prehrano, Groblje 3, 1230 Domžale

2 prof. dr., univ. dipl. inž. zoot., prav tam

3 doc. dr., univ. dipl. inž. kem., prav tam

1 UVOD

Žuželke so bile vedno del prehrane živali, so del živalske evolucije. V naravi je v toplejših klimatih uživanje žuželk za mnoge živalske vrste nekaj običajnega, v naših klimatskih razmerah in tudi v pogojih farmske reje živali, pa seveda ne. Podobno je pri ljudeh, kjer uživanje žuželk v hladnejših področjih nikoli ni bilo del prehrane, v toplejših pa pomemben del. Ocenjuje se, da predstavljajo žuželke del vsakodnevne prehrane za okoli dve milijardi ljudi in gotovo mnogo več (prostoživečih) živali.

Glede na sestavo predstavljajo žuželke v prehrani živali in tudi ljudi predvsem zanimiv vir kakovostnih beljakovin, ki naj bi bile, sploh če jih gojimo na odpadkih, tudi bolj trajnostna alternativa za običajna, z beljakovinami bogata krmila, kot so predvsem soja in različna krmila živalskega izvora. Vendar, žuželke niso le beljakovine, so kompleksna krmila, ki v prehrano vnašajo cel spekter hranil, pa tudi drugih snovi, ki imajo lahko antinutritivne in/ali funkcionalne učinke.

Razvoj farmske reje žuželk oz. gojenjem žuželk kot hrane za ljudi in krme za živali, se je v Evropski Uniji v večjem (industrijskem) obsegu pričel pred dobrim desetletjem. Od takrat se zanimanje za uporabo žuželk, kot vira hranil, pa tudi drugih načinov uporabe (konverzija odpadnih tokov, surovine za industrijsko uporabo) in obseg njihove proizvodnje iz leta v leto povečuje (IPIFF, 2022; Sprangers in sod., 2021).

Prednosti uporabe žuželk, kot vira hranil v prehrani živali, naj bi po nekaterih podatkih bile enake ali celo boljše proizvodne lastnosti, učinkovito izkoriščanje krme, možnost gojenja na stranskih tokovih proizvodnje hrane, s čimer zmanjšamo negativne vplive teh tokov na okolje, relativno nizke emisije toplogrednih plinov in amonijaka, majhna poraba vode, nizko tveganje za prenašanje zoonoz (FAO, 2013).

2 PROIZVODNJA ŽUŽELK

V EU so žuželke uvrščene med rejne živali, zato za njihovo proizvodnjo, predelavo, transport, shranjevanje in distribucijo vzdolž prehranskih in krmnih verig velja evropska zakonodaja, v kateri so opredeljeni ukrepi in postopki za zmanjšanje tveganja biološke, kemične in fizične kontaminacije živali in njihovih proizvodov (Uredbe ES 178/2002, ES 852/2004, ES 183/2005). Zakonodaja predvideva prigrasitev, registracijo (Uredba ES 183/2005) in uradni nadzor (Uredba EU 2017/625) vseh obratov, ki delujejo v vseh fazah proizvodnje, od proizvodnje do predelave žuželk, ki jo lahko izvajajo le za to odobreni obrati (Uredba EC 1069/2009).

Ker uporaba žuželk v prehrani ljudi in živali predstavlja tudi določeno tveganje, jih EFSA uvršča pri ljudeh med nova živila (novel foods), ki so tudi v prehrani živali podvrženi posebni zakonodaji (EFSA, 2015, 2017a). Ta od leta 2017 dovoljuje uporabo žuželk v prehrani rib (EFSA, 2017b), od leta 2021 tudi v prehrani prašičev in perutnine (EFSA, 2021a); od takrat tudi v prehrani ljudi (EFSA, 2021b). Pri tem se za krmljenje rib, perutnine in prašičev kot krmila za pripravo krmnih mešanic lahko uporabljajo le „predelane živalske beljakovine pridobljene iz gojenih žuželk“, ki morajo biti proizvedene v predelovalnih obratih, odobrenih v skladu z EU zakonodajo, pri čemer mora biti v celotni verigi zagotovljeno preprečevanje navzkrižne kontaminacije med predelanimi živalskimi beljakovinami, pridobljenimi iz gojenih žuželk, in predelanimi živalskimi beljakovinami, pridobljenimi iz drugih rejnih živali. Za pripravo krmnih mešanic jih lahko uporabljajo le obrati, ki so pri pristojnem organu registrirani kot proizvajalci popolnih krmnih mešanic, ki vsebujejo predelane živalske beljakovine, pridobljene iz gojenih žuželk.

Preglednica 1. Sestava polnomastne in razmaščene moke ličink črne bojvniške muhe (ČBM) in moka, v g na kg SS (po Hong in Kim, 2022)

Table 1. Nutrient composition of full fat meal and defatted meal obtained from black soldier fly and mealworm, in g per kg DM (adapted from Hong and Kim, 2022)

	Polnomastna moka iz ličink ČBM	Delno razmaščena moka iz ličink ČBM	Razmaščena moka iz ličink ČBM	Ličinke moka	Razmaščene ličinke moka	Hidrolizat ličink moka
Suha snov	884-973	947	939-966	941-945	915	894
Surove beljakovine	359-481	590	408-607	433-740	680	589
Surove pepel	50-84	81	68-81	29-63	80	149
Surove maščobe	368-481	90	80-123	103-346	40	3
Surova vlaknina	65	-	-	46-95	-	-
Lizin	18-21	281	16-30	19-54	58	104
Metionin	5-09	8	7-08	5-13	21	30
Treonin	12-17	21	10-20	16-40	41	32
Triptofan	4-07	37	7	0-8	-	-
Kalcij	5-24	87	6-10	0	6	2
Fosfor	5-9	138	8-15	6-8	5	8

Seveda morajo biti žuželke, ki direktno ali preko živali vstopajo v človeško prehransko verigo, v skladu z evropsko zakonodajo gojene na neoporečnih substratih oziroma krmilih; uporaba odpadkov, ki bi z vidika okolja predstavljalo največjo prednost, zato po evropski zakonodaji kot substrat za gojenje ne pride v poštev. Kot substrat lahko pridejo v poštev le substrati rastlinskega izvora, z nekaj izjemami substratov živalskega izvora, kot so: mleko, jajca in proizvodi iz njiju, med ter topljene živalske maščobe in proizvodi iz krvi neprežvekovalcev. Prav tako je prepovedana uporaba neprodanih živil iz trgovin in industrije, če ta vsebujejo meso ali ribe. Pri proizvodnji žuželk morajo proizvajalci zagotoviti dobro zdravje in preprečevati širjenje bolezni kot to zahteva zdravstvena zakonodaja za živali EU. Proizvajalci iz tretjih držav, ki želijo svoje proizvode prodajati v EU, jih morajo proizvajati na ustrezen oz. enak način, kot se zahteva v EU.

3 HRANILNA VREDNOST ŽUŽELK

Kemijska sestava in s tem tudi prehranska vrednost žuželk je zelo različna in odvisna ne le od vrste in razvojne stopnje, ampak tudi od sestave oz. hranilne vrednosti substrata, na katerem so gojene, okoljskih pogojev reje, do načina predelave (sušenje, razmaščevanje...) v končni proizvod (Hong in Kim, 2022; Kröncke in sod., 2023).

Zgornje lepo ilustrira raziskava Veldkamp in Bosch (2015), ki poročata, da se v ličinkah črne bojvniške muhe (ČBM), ličinkah hišne muhe ter ličinkah mokaarjev giblje vsebnost beljakovin v suhi snovi med 38 in 53 %, vsebnost maščob v suhi snovi (SS) med 16 in 35 % ter vsebnost pepela v suhi snovi med 7 in 15 %. Kot kažejo raziskave, lahko sestava močno variira tudi zaradi razlik v razvojni stopnji in vrsti žuželk (pregl. 1). Predvsem zaradi razlik

Preglednica 2. Hranilna vrednost nekaterih običajnih krmil in žuželk v primerjavi s potrebami 70 kg prašiča pitanca (MJ oz. g; %) (prilagojeno po INRAe, 2020; Tybirk in sod., 2021; Hong in Kim, 2022)

Table 2. Nutritional value of selected feedstuffs and insect meals in comparison to nutritional requirements for fattening pigs weighing 70 kg (MJ or g, %) (adapted from INRAe, 2020; Tybirk in sod., 2021; Hong in Kim, 2022)

					Ilealno prebavljive aminokisline				
	SS (g)	ME (MJ)	Mašč. (g)	Belj. (g)	Lys (g)	Thr (g)	Met (g)	M+C (g)	Trp (g)
Potrebe, na kg PKM	870	12,7	10	150	8	5,3	2,4	4,6	1,6
Koruza	870	13,8	35,8	76	1,9	2,4	1,5	3,2	0,4
pokritje potreb, %		109	358	51	24	45	63	70	25
Pšenica	870	13,3	26,2	109	2,6	2,8	1,6	4	1,2
pokritje potreb, %		105	262	73	33	53	67	87	75
Pšenični otrobi	870	8,85	44,6	149	4	3,1	1,7	4	1,5
pokritje potreb, %		70	446	99	50	58	71	87	94
Sojine tropine	870	13,3	16,9	434	24,2	14,5	5,7	11,4	5,3
pokritje potreb, %		105	169	289	303	274	238	248	331
Sojin koncentrat	930	15,5	10	650	37,9	20,6	8,4	17,3	8,7
pokritje potreb, %		122	100	433	474	389	350	376	544
Ogrščične tropine	890	10,9	21,5	339	13,6	10,9	5,9	12,5	3,3
pokritje potreb, %		86	215	226	170	206	246	272	206
Posneto mleko, prah	960	15,7	15,4	341	26	13,5	9,4	11,6	4,3
pokritje potreb, %		124	154	227	325	255	392	252	269
Ribja moka	920	15,1	90,5	690	49,4	26,9	18,2	23,2	6,6
pokritje potreb, %		119	905	460	618	508	758	504	413
Ličinke:									
- mokaar	950	20,3	337	477	27,6	22,2	8,4	11,4	6,8
pokritje potreb, %		160	3370	318	345	419	350	248	425
- črna bojv. muha – razmaš.	920	13,8	110	519	25,5	17,2	7,6	9,9	5,7
pokritje potreb, %		109	1100	346	319	325	317	215	356
- črna bojvniška muha	920	17,5	326	377	18,9	12,7	6,2	8,2	4,3
pokritje potreb, %		138	3260	251	236	240	258	178	269

v vsebnosti maščob zelo variira tudi njihova energijska vrednost (pregl. 2).

Tudi sestava ličink ene vrste žuželk lahko močno variira. Analiza šestih objavljenih raziskav sestave polnomastne moke ličink ČBM kaže, da se je vsebnost beljakovin gibala med 27 in 44 %, maščob med 30 in 52 %, vlaknine med 4 in 21 % (le 3 raziskave), hitina med 3,8 in 6,9 % (le dve raziskavi) ter pepela med 5,3 in 13,2 % (Lu in sod., 2022).

3.1 Beljakovine

Krmila iz žuželk vsebujejo na splošno veliko beljakovin z relativno ugodno aminokislinsko sestavo in dobro prebavljivostjo. Zato so žuželke kakovostno beljakovinsko krmilo, ki pa vsebuje tudi relativno veliko nebeljakovinskega dušika, ki pri neprežvekovalcih v praktičnih pogojih ne igra vloge pri oskrbi z beljakovinami. Tako npr. ličinke žuželk vsebujejo 10-26 % nebeljakovinskega dušika (NPN), zato konverzijski faktor za preračunavanje vsebnosti beljakovin iz analize dušika ni 6,25, kot to velja za običajna krmila (žita, oljarice ali živalska krmila), ampak je 5,33. Velika vsebnost NPN izvira predvsem iz hitina, nukleinskih kislin, fosfolipidov in amonijaka v vsebini prebavil (Boulos in sod., 2020).

Raziskave kažejo, da je ilealna prebavljivost beljakovin in aminokislin iz žuželk zelo dobra in primerljiva s kakovostnimi krmili. Ilealne prebavljivosti posameznih esencialnih aminokislin pri prašičih se pri proizvodih iz hišne muhe in črne bojvniške muhe gibljejo med 91 in 99 % oz. 77 in 92 % (Tan in sod., 2020), in 68 do 91 % (Malla in sod., 2022) ter pri proizvodih iz majhnih in rumenih mokarjev ter hišnih črčkov med 76 do 98 %, 63 do 96 % oz. 79 do 97 % (Malla in sod., 2022). Ilealna prebavljivost aminokislin je pri perutnini podobna in se po meritvah Matina in sod. (2021) pri pitovnih piščancih giblje pri delno razmaščeni moki iz ČBM in dvema vrstama mokarjev med 60 in 97 % ter med 72 in 100 % oz. med 66 in 97 %, po raziskavah Schiavone in sod. (2017) pri delno razmaščeni in razmaščeni moki ČBM med 64 in 90 % oz. med 77 in 91 %.

Hranilna vrednost žuželk, v primerjavi z nekaterimi običajnimi z beljakovinami bogatimi krmili z vidika oskrbe z energijo in aminokislinami, je v preglednici 2 predstavljena glede na potrebe 70 kg prašiča pitalca. Z vidika oskrbe z beljakovinami so žuželke očitno bogat in dober vir prebavljivih beljakovin in esencialnih aminokislin, ki lahko v običajnih krmnih mešanicah nadomestijo vsaj del soje ali živalskih krmil (ribja moka). Ker živalska krmila ne vsebujejo le aminokislin, ampak tudi druga hranila, npr. esencialne in pogojno esencialne maščobne kisline, vitamine (B_{12}) in elemente ter funkcionalne snovi, ki jih v žuželkah ni, ali jih je bistveno manj, je zamenjava živalskih krmil kot sta npr. krvna plazma in sirotka z žuželkami zelo omejena in potrebuje dopolnjevanje z manjkajočimi hranili in še čim, saj ne vsebuje takih funkcionalnih sestavin (rasni faktorji, laktoza, imunoglobulini ...).

3.2 Maščobe

Krmila iz žuželk lahko glede na tehnološki postopek predelave (le sušenje, razmaščevanje ...) vsebujejo zelo veliko ali skoraj nič maščob, manj kot odstotek ali polnomastne celo 50 % maščob (pregl. 1). Zato so tudi razlike v energijski vrednosti različnih proizvodov izjemno velike. Velika vsebnost maščob lahko predstavlja tudi tehnološki in prehranski problem, saj so zaradi tega zelo občutljive za kvarjenje, kar lahko negativno vpliva na kakovost in stabilnost krmil samih in tudi krmnih mešanic s tem tudi na zdravje živali in tehnološko kakovost živalskih proizvodov.

Na splošno lahko rečemo, da imajo maščobe žuželk glede na potrebe živali manj ali celo neugodno maščobnokislinsko (MK) sestavo, kar lahko neugodno vpliva tudi na maščobnokislinsko sestavo živalskih proizvodov. Krmila iz žuželk običajno vsebujejo predvsem nasičene maščobne kisline (SFA), malo enkrat nenasičenih (MUFA), še manj večkrat nenasičenih (PUFA) ter skoraj nič dolgoveriznih nenasičenih maščobnih kislin (LC-PUFA). Npr., po podatkih Sprangers in sod. (2017) vsebujejo maščobe ČBM gojene na perutninski krmil, perutninskih izločkih, odpadni zelenjavi in odpadkih iz restavracij 64-83 % SFA (44-61 % laurinske kisline), 10-19 % MUFA in 5-12 % n-6 PUFA in 0,9-2,3 % n-3 PUFA.

Glede na sposobnost žuželk za sintezo ali elongiranje MK jih delimo v štiri skupine (Sanchez-Muros in sod., 2014), žuželke v prvi skupini lahko večkrat nenasičene maščobne kisline (PUFA) sintetizirajo *de novo*, z desaturazo (2Δ), ki omogoča sintezo linske kisline (LA) in njenih elongatov do arahidonske (C20:4 n-6, ARA) MK. Druga skupina žuželk ima metabolizem MK podoben kot vretenčarji, kar pomeni, da sta LA in linolenska kislina (LNA) za to skupino žuželk esencialni, nekatere lahko elongirajo esencialne MK do ARA in eikozapentaenojske MK (C20:5 n-3, EPA). Žuželke v tretji skupini nimajo encimov za elongacijo esencialnih maščobnih kislin v dolgoverizne elongate (LC PUFA) in jih morajo zaužiti s hrano, za žuželke v četrti skupini se predvideva, da ne potrebujejo PUFA saj jih same sintetizirajo.

n-6/n-3 PUFA razmerje maščob kopenskih žuželk je približno 3x višje kot pri vodnih žuželkah, zaradi mikroalg, ki *de novo* sintetizirajo n-3 PUFA, ki se selektivno akumulirajo vzdolž prehranske verige (Gladyshev in Sushchik, 2019). Koncentracija eikozapentaenojske MK (EPA) in DHA v maščobah kopenskih žuželk je zelo nizka, žuželke te MK potrebujejo le kot prekurzorje eikozanoidov in jih sintetizirajo iz LNA v manjših količinah, za razliko od morskih žuželk, ki vsebujejo večje količine EPA, vendar zelo malo DHA, ki je glavna MK v fosfolipidih celičnih membran živčnih tkiv vretenčarjev, tudi fotoreceptorjev v mrežnici. Kopenske žuželke imajo namesto DHA vgrajeno LNA (Parmar in sod., 2022).

Poleg vrste žuželk tudi vsebnost maščob in maščobnokislinska sestava substrata oz. krme za gojenje žuželk zelo močno vpliva tako na vsebnost, kot maščobnokislinsko sestavo njihovih maščob. Pri tem imajo viri z veliko PUFA, še posebej LC PUFA bistveno močnejši vpliv (Lawal in sod., 2021; Kröncke in sod., 2023). Ob tem nekateri raziskovalci poudarjajo, da bi morali biti

substrati za različne vrste žuželk različni, kar je moč doseči z dizajniranjem substratov za posamezne vrste (Riekkinen in sod., 2022)

3.3 Ogljikovi hidrati

Od ogljikovih hidratov vsebujejo žuželke v omembe vrednih količinah predvsem neškrobne polisaharide oz. vlaknine, od njih predvsem hitin (pri ČBM 5-8 % v SS). Hitin je podoben celulozi, le da je namesto iz glukoznih enot povezanih z beta-glikozidno vezjo sestavljen iz acetilglukozamina, ki vsebuje namesto hidroksilne skupine acetilamin. Glede na to, da hitin uvrščamo med vlaknine, je zelo zanimivo, da živali izločajo encime za razgradnjo hitina (hitotriozidaza in kislja želodčna hitinaza). Kawasaki in sod. (2021) so celo pri sesnih pujskih dokazali sintezo kisle želodčne hitinaze na ravni 30 % izločanja pri pitancih. Raziskave Tabata in sod. (2017, 2018) kažejo, da je izločanje hitinaz najmanjše pri govedu in psih, ter največje pri miših, prašičih in perutnini ter da genom kuncev in morskih prašičkov sploh ne vključuje funkcionalnih genov za sintezo hitinaz. To gotovo kaže na evolucijsko prehransko povezavo oz. navezanost na uživanje žuželk pri različnih vrstah živalih. Koliko energije živali iz fermentacije hitina lahko dobijo ni znano, gotovo pa delovanje teh encimov izboljša dostopnost in s tem prebavljivost ostalih hranil. Sicer ima hitin lahko tudi funkcionalne učinke, ki so opisani kasneje.

3.4 Elementi in vitamini

Vsebnost nekaterih elementov v žuželkah je relativno visoka, tako npr. večina vsebuje dovolj kalcija, fosforja in sledovnih elementov železa, cinka, bakra mangana in selen, da zadostijo potrebam živali (Oonincx in Finke, 2020).

Vsebnosti pepela oz. elementov v žuželkah lahko zelo močno variira, razlike so lahko tudi desetkratne. Vsebnost je odvisna tako od razvojne stopnje in načina tehnološke predelave (npr. Hong in Kim, 2022, preglednica 1), kot, morda še bolj, od sestave substrata na katerem jih gojimo (Lu in sod., 2022). Raziskave Proc in sod. (2020) kažejo, da v vseh fazah razvoja ČBM pride do bioakumulacije Ba, Bi, Cu, Fe, Hg, Mg, Mo, Se in Zn, medtem ko bioakumulacije Al, As, Co, K, Pb in Si niso opazili. Pri vseh razvojnih stopnjah so največjo stopnjo bioakumulacije opazili pri kalciju in manganu, med tem do bioakumulacije Ca, Cd, Ga, Mn, P in S pride samo v nekaterih razvojnih stopnjah.

Vpliv kemijske sestave substrata na hranilno vrednost žuželk zelo lepo ilustrira raziskava Spranghersa in sod. (2017), ki so primerjali sestavo ličink ČBM gojenih na štirih zelo različnih substratih: krmni mešanici za perutnino, perutninskih izločkih ter rastlinskih in kuhinjskih odpadkih. Ugotovili so, da se je najbolj razlikovala vsebnost kalcija, ki ga od vseh elementov ličinke vsebujejo največ, in sicer od 1,2 do 66 g/kg SS, pri ostalih elementih (vse na kg SS) pa je bil razpon bistveno manjši: 4,0-5,0 g P, 5,9-6,8 g K, 0,6-0,9 g natrij, 110-310 mg žveplo, 1,5-2,7 g magnezij, 110-350 mg železo, 70-160 mg cink, 20-240 mg Mn ter v vseh vzorcih 10 mg Cu. Torej, variabilnost je bila posebej izrazita pri kalciju in manganu, tudi 50 oz. 12-kratna, pri ostalih pa največ tri-kratna.

Očitno je, da se nekateri elementi v žuželkah lahko močno kopičijo oz. njihova vsebnost zelo variira, kar pri večjem uživanju oz. deležu v krmnih mešanicah lahko pomeni težavo pri vključevanju v krmne mešanice. Seveda se je pomembno zavedati tudi nevarnosti, da pri substratih, obremenjenih s težkimi kovinami, lahko pride do bioakumulacije npr. živega srebra, kadmija, arzena (Oonincx in Finke, 2020; Proc in sod., 2020), kar pomeni izziv za proizvodnjo krme in hrane.

Vsebnost vitaminov v žuželkah je relativno slabo raziskano področje. Na splošno, žuželke vitaminov niso sposobne sintetizirati niti iz prekurzorjev (karoten), enako velja celo za aminokislino taurin. Le nekatere vrste lahko omejeno sintetizirajo vitamin D₃ (Oonincx in Finke, 2020). Tako je vsebnost vitaminov v žuželkah odvisna praktično le od njihove prehrane, kar omogoča, da so žuželke, kot poroča večina raziskav, lahko dober vir riboflavina (B₂), niacina, pantotenske kisline, piridoksina (B₆), biotina, folne kisline in tudi cianokobalamina (B₁₂).

3.5 Funkcionalne in antinutritivne snovi

Raziskav o funkcionalnih, pa tudi antinutritivnih lastnostih žuželk ni veliko, sploh ne zanesljivih. Veldkamp in Bosch sta že leta 2015 ugotavljala, da ni raziskav, ki bi jasno kazale na funkcionalne učinke žuželk. Vendarle, nekatere sestavine bi lahko imele funkcionalne učinke, a je o njihovi dejanski učinkovitosti in pomenu v reji živali glede na sedaj dostopne informacije težko presojati. Ena od takih snovi so antimikrobni peptidi, ki jih žuželke tvorijo kot obrambo pred mikrobi. Ti peptidi bi seveda lahko delovali tudi v prebavilih perutne in prašičev ter prispevali k zdravju živali. Druga snov, ki jo s funkcionalnimi učinki žuželk pogosto povezujejo je hitin, ki naj bi kot prebiotik deloval protimikrobno in imunostimulatorno, saj naj bi ob fermentaciji hitina nastajale hlapne maščobne kisline, tudi maslena, ki ugodno vplivajo na zdravje prebavil ter zavirajo rast, za kisline občutljivih, mikrobov, kot so *C. perfringens*, *E. coli* in *Salmonella* (Dörper in sod., 2021). Vendar, v novjšem pregledu literature, ki so ga opravili Lu in sod. (2022), ni zaslediti enoznačnih rezultatov, ki bi jasno kazali na očitne učinke hitina pri domačih živalih. Kot tretja funkcionalna lastnost žuželk, ki lahko pomaga pri protimikrobni obrambi, je le lavrinska kislina, ki jo maščobe žuželke običajno vsebujejo zelo veliko. Lavrinska kislina kot srednjeveržna maščobna kislina lahko vstopa skozi celično steno mikrobov in deluje protimikrobno. Kot zadnje, nekateri izsledki kažejo, da naj bi uživanje žuželk, npr. ličink ČBM, pomagalo pri antioksidativni obrambi (Lu in sod., 2021). Mehanizem delovanja ni z gotovostjo pojasnjen.

Sicer lahko hitin, ki ga v nekaterih razvojnih fazah žuželke vsebujejo zelo veliko, smatramo tudi za antinutritivno snov, podobno kot fitate in tanine, ki jih nekatere žuželke, kot so mokaerji, termiti, črčki in kobilice lahko v suhi snovi vsebujejo v gramski količinah (Meyer-Rochow in sod., 2021).

Alergične reakcije na žuželke so ne le pri ljudeh, ampak tudi pri živalih pogost problem. Pri ljudeh lahko uživanje žuželk pri občutljivih povzroči navzkrižno reaktivnost na beljakovine mokaerjev in alergično reakcijo, zato za njih seveda niso primerne. Novejša

raziskava Premrov Bajuk in sod. (2021) z ljubljanske Veterinarske fakultete kaže, da ta nevarnost obstaja tudi pri psih, saj so dokazali, da pri psih z alergijo na pršice pride pri uživanju krme z žuželkami do navzkrižne reaktivnosti na beljakovine mokarjev. Teh težav pri uporabi žuželk ne gre podcenjevati tudi pri delavcih, ki so z žuželkami v stiku v reji, predelavi, mešalnicah in na farmah.

4 ŽUŽELKE V PREHRANI PERUTNINE, PRAŠIČEV IN DRUŽNIH ŽIVALI

4.1 Žuželke v prehrani perutnine

Praktične raziskave na perutnini kažejo, da so žuželke kot krmilo v prehrani ob upoštevanju nekaterih omejitev lahko uporabljajo brez težav. To je seveda glede na navezanost perutnine na uživanje insektov v naravi tudi pričakovano. Sicer kokoši rejene na prostem po podatkih dostopnih v knjigi Blair (2008) zaužijejo okoli 1 % SS iz žuželk in drugih nevretenčarjev.

Pri rastočih piščancih pregled raziskav, ki so ga naredili leta 2021 Dörper in sod., kaže, da uporaba žuželk namesto (dela) običajnih beljakovinskih krmil kot so sojine tropine, nima velikega vpliva na proizvodne rezultate, a le v primeru, da z vključevanjem ne pretiravamo. Najnovejše raziskave kažejo, da je popolna zamenjava sojinih tropin z žuželkami problematična. Tako so v pravkar objavljeni raziskavi Chobanove in sod. (2023) ugotovili, da popolna zamenjava sojinih tropin z ličinkami ČBM vključuje enaki vsebnosti energije, esencialnih aminokislin in drugih hranil ni ugodna, saj so pitovni piščanci krmljeni s krmo z ličinkami ČBM za 19 % slabše izkoriščali krmo in za 17 % počasneje rasli; ob tem sta bili slabši tudi izkoriščanje energije krme in prebavljivost maščob. Zgornjo mejo vključevanja žuželk v krmne mešanice je težko postaviti, saj je odvisna od vrste proizvoda (polnomasten, razmaščen, popolnoma razmaščen), starosti živali in drugih dejavnikov. Po izsledkih nekaterih raziskav je zgornja meja za razmaščeno moko ČBM okoli 10 %, po izsledkih drugih pa že pri 2-4 %. Vlogo pri tem igra seveda tudi obdobje pitanja, za štarter se priporoča manjše vključevanje kot kasneje.

Uporaba žuželk v krmi za perutnina ima lahko seveda posledice tudi za kakovost proizvodov, a tudi tu ni zaslediti večjih težav. Pri uporabi moke ČBM v krmnih mešanicah za pitovne piščance avtorji poročajo o boljših lastnostih trupov, npr. večji masi prsne mišice (Schiavone in sod., 2019) ali boljši klavnosti pri nespremenjenih ali celo izboljšanih lastnostih mesa (Khan *et al.*, 2018). Poročajo tudi o nekoliko spremenjeni maščobnokislinska sestavi maščob, ki vsebujejo več srednjeveržnih in manj PUFA (Schiavone in sod., 2019). Ta neugoden učinek je seveda mogoče spremeniti ob uporabi drugačnega substrata pri reji ČBM.

Pri nesnicah se zdi, da je v krmne mešanice mogoče vključevati celo večji delež žuželk kot pri pitovnih piščancih, saj pregled objav Dörper in sod. (2021) kaže, da se proizvodne lastnosti ne spremenijo niti pri vključevanju 10-15 % razmaščene moke ČBM. Po drugi strani pa so v nekaterih raziskavah pri tako velikem vključevanju opazili ne le slabše proizvodne lastnosti, ampak tudi

bolj krhko lupino. Učinki krmljenja žuželk na kakovost jajc niso zelo dobro opisani, morda pride do sprememb barve rumenjaka, večjega deleža rumenjaka in manjšega deleža beljaka in tanjše jajčne lupine (Secci *et al.*, 2018, 2020); zadnje je lahko posledica nekoliko večje mase jajc.

4.2 Žuželke v prehrani prašičev

Raziskave o uporabi žuželk v krmi za prašiče kažejo njihovo uporabnost, a razkrivajo veliko variabilnost rezultatov. Tako že raziskave prebavljivosti beljakovin in aminokislin v krmi z žuželkami pri pujskih ne kažejo enoznačnih rezultatov. Medtem ko Ao in Kim (2019) in Meyer in sod., (2020) poročajo o nekoliko slabši prebavljivosti beljakovin in aminokislin krme, če so bile žuželke vključene v krmno mešanico namesto ribje moke na ravni dva kot deset odstotkov, nasprotno Biasato in sod. (2019) pri vključevanju ČBM v zameno za sojine tropine tudi pri vključevanju 5 in 10 % niso opazili poslabšanja prebavljivosti beljakovin. Pri pitancih so rezultati morda manj variabilni: vsaj za mokarje raziskovalci poročajo v glavnem o enaki ali boljši prebavljivosti beljakovin in aminokislin, če ti zamenjajo npr. ribjo in mesno moko (Veldkamp in Vernooij, 2021; Hong in Kim, 2022). Podobno velja za zamenjavo sojinih tropin in ribje moke za ličinke mokarja in ČBM (4-8%), ki ni imela negativnega vpliva ali je imela celo pozitiven vpliv na prebavljivost beljakovin in klavne lastnosti (Veldkamp in Vernooij, 2021; Yu in sod., 2019).

O očitnih učinkih vključevanja žuželk na zdravje prašičev, predvsem pujskov, literatura ne poroča, v nekaterih posameznih raziskavah so opazili izboljšanje posameznih parametrov zdravja oz. parametrov, ki bi lahko kazali, da do tega lahko pride (npr. spremembe v mikrobiomu) (Sprangers in sod., 2018). O negativnih učinkih prav tako ne poročajo.

Kot poudarjajo mnogi avtorji, je variabilnost rezultatov raziskav o učinkih zamenjave klasičnih krmil za žuželke na prebavljivost beljakovin in aminokislin, proizvodne lastnosti, učinkih na parametre klanja in na zdravje, povezana predvsem z razlikami v vsebnosti hranil v krmnih mešanicah, do katerih pride zaradi zamenjave, od hranilne vrednosti krmil iz žuželk, ki je odvisna od vrste, njihove starosti oz. razvojne stopnje, od substrata na katerem so žuželke gojene, tehnologije predelave (temperatura sušenja, način ekstrakcije, odstranjevanje hitina...), deleža v krmnih mešanicah, vpliva na okusnost krme, ter seveda kategorije živali, ki jih z žuželkami krmino.

4.3 Žuželke v prehrani družnih živali

Kot pri perutnini in prašičih so žuželke tudi pri družnih živalih predvsem zanimiv vir dobro prebavljivih in izkoristljivih beljakovin z ugodno aminokislinsko sestavo, ki po hranilni plati lahko zamenja običajna krmila. Za razliko od perutnine in prašičev lahko zaradi nesprejemljivega okusa pride predvsem pri mačkah do zavračanja krme z žuželkami, ki se kaže v popolnem zavračanju ali manjšem uživanju krme (Paßlack in Zentek, 2018).

Predvsem pri psih je pomemben parameter kakovosti krme tudi vpliv na lastnosti blata, kjer se kaže, da krmila iz žuželk tudi v tem pogledu ne predstavljajo nevarnosti (Bosch in Swanson, 2021).

O vplivu žuželk na zdravje družnih živali ni veliko temeljitih raziskav, a o izrazito ugodnih in neugodnih učinkih raziskave ne poročajo (Bosch in Swanson, 2021). Čeprav predstavlja, kot omenjeno, uporaba žuželk pri psih določeno tveganje z vidika pojavnosti navzkrižnih alergij, pa po drugi strani nekatere raziskave kažejo prav nasprotno sliko, na veliko možnost uporabe žuželk v hipoalergenih dietah. Tako so Lee in sod. (2021) pri psih s atopičnim dermatitisom pokazali, da hipoalergena dieta z žuželmami kot zamenjava za druge z beljakovinami bogate vire lahko zmanjša kutane lezije in barierno disfunkcijo kože.

Na vsak način je pri uporabi žuželk v krmi za družne živali potrebno še bolj kot pri prašičih in perutnini biti pozoren na kakovost z vidika tehnološke priprave krmnih mešanic, saj je večinoma podvržena ekstrudiranju, ki ga je treba prilagoditi tej vrsti krmil. Ob tem je potrebno pri trženju krme z žuželmami, pri družnih živalih še bolj kot pri domačih živalih, misliti na sprejemljivost krme za lastnike živali (Vandeweyer in sod., 2021).

5 OKOLJSKI ODTIS ŽUŽELK

Prednost žuželk pred drugimi rejnimi živalmi so manjše emisije toplogrednih plinov, saj so mrzlokrvne, zaradi česar v primerjavi s toplokrvnimi rejnimi živalmi pričakujemo boljše izkoriščanje krme. V primerjavi z drugimi vrstami rejnih živali žuželke ne emitirajo ali emitirajo manjše količine metana, N_2O in amonijaka (Oonincx in sod., 2010). V proizvodnji beljakovin iz žuželk je okoljski odtis močno odvisen od pogojev reje in uporabljenega substrata. Reja žuželk na substratih slabše kakovosti (živinski gnoj, mešani organski odpadki) bi lahko bila okoljsko sprejemljivejša, vendar v EU ni dovoljena. Pri uporabi so-proizvodov živilske industrije prav tako srečamo različne scenarije, ki so odvisni od njihove sestave. Uporaba substratov z visoko vsebnostjo beljakovin ima ugodnejše učinke na okolje, medtem ko uporaba so-proizvodov slabše kakovosti negativno vpliva na okolje, saj so prirasti žuželk slabši, po končani proizvodnji pa je potrebno odstraniti in predelati veliko odpadkov (Smetana in sod., 2016).

Že leta 2014 so De Boer in sod. z metodo ocene življenjskega cikla (LCA) ovrednotili okoljske vplive zamenjave rastlinskih (sojinih) beljakovin iz Južne Amerike z evropskimi viri v krmi za živali. Ugotovili so, da zamenjava 12 % soje iz Južne Amerike s 6,2 % žuželk (mocarjev) poveča ogljični odtis krme za prašiče za 20 %, predvsem zaradi visoke porabe energije za segrevanje prostorov, v katerih gojijo žuželke in za sušenje žuželk po končani proizvodnji. Avtorji so zaključili, da uporaba mocarjev kot krmila poveča ogljični odtis krme ter da imajo večji potencial žuželke, ki bi jih lahko gojili pri nižjih temperaturah (manjša poraba energije), posebej, če bi jih gojili na odpadkih. Podobno so ugotovili tudi van Zanten in sod. (2017), ki so raziskovali vplive na okolje pri zamenjavi soje in ribje moke z beljakovinami ČBM. Ugotovili

so, da pri zamenjavi povečamo izpuste toplogrednih plinov in porabo energije, zmanjšamo pa porabo tal. Podobno, da zamenjava sojinih beljakovin z beljakovinami žuželk poveča potencial za globalno segrevanje, so ugotovili tudi Salomone in sod (2017), ki so preučevali okoljske vplive biokonverzije odpadne hrane s ČBM.

Večji potencial imajo žuželke v prehrani ljudi. Raziskava Dreyer in sod. (2021), v kateri so avtorji ocenili vplive na okolje ekološke reje velikega mokaarja in ugotovili, da je za kg beljakovin iz mokaarjev potencial za globalno segrevanje manjši kot za prirajo 1 kg beljakovin iz pitovnih piščancev iz ekološke reje. Največji delež prispevka pri ocenjenih parametrih sta imela krma in zagotavljanje okoljskih pogojev pri reji mokaarjev.

6 ZAKLJUČEK

Glede na opisano se lahko žuželke brez velikih težav vključuje v prehrano perutnine, prašičev in družnih živali predvsem kot vir kakovostnih beljakovin in kot izdaten vir energije. S tem predstavljajo žuželke zanimivo alternativo predvsem klasičnim beljakovinskim krmilom. Ob tem se je potrebno zavedati nekaterih omejitev, ki so povezane z razlikami v hranilni vrednosti krmil iz žuželk, ki je odvisna od vrste, njihove starosti oz. razvojne stopnje žuželk, od substrata na katerem so žuželke gojene, tehnologije predelave (temperatura sušenja, način ekstrakcije, odstranjevanje hitina ...), z razlikami v vsebnosti hranil v krmnih mešanicah, do katerih pride zaradi zamenjave klasičnih krmil z žuželmami, z deležem v krmnih mešanicah, z vplivom na okusnost krme, ter seveda vrste in kategorije živali, ki jih z žuželmami krmimo. Seveda je pri uporabi žuželk, tako kot pri drugih krmilih, potrebno razmišljati tudi o ceni, dostopnosti, varnosti, vplivih na okolje, sprejemljivosti za potrošnike in seveda vseh vidikov trajnosti oz. krožnega biogospodarstva.

7 LITERATURA

- Ao, X., Kim, I.H. 2019. Effects of dietary dried mealworm (*Ptericaria tenebrifer*) larvae on growth performance and nutrient digestibility in weaning pigs. *Livestock Science*, 230: 4.
- Biasato, I., Renna, M., Gai, F., Dabbou, S., Meneguz, M., Perona, G., Martinez, S., Lajusticia, A.C.B., Bergagna, S., Sardi, L., Capucchio, M.T., Bressan, E., Dama, A., Schiavone, A., Gasco, L. 2019. Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological features. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10: 11.
- Blair, R. 2008. *Nutrition and feeding of organic poultry*. CAB International, 314 s.
- Bosch, G., Swanson, K.S. 2021. Effect of using insects as feed on animals: pet dogs and cats. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7: 795-805.
- Boulos, S., Tännler, A., Nyström, L. 2020. Nitrogen-to-protein conversion factors for edible insects on the Swiss market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. *Front Nutr*, 2020 7: 89.

- Chobanova, S., Karkelanov, N., Mansbridge, S.C., Whiting, I.M., Simic, A., Rose, S.P., Radoslavov Pirgozliev, V. Comparison of a Traditional Soybean Meal-Based Diet to a Defatted Black Soldier Fly Larvae Meal-Based Diet for Broilers. *Poultry*, 2: 430-441.
- Dörper, A., Veldkamp, T., Dicke, M. 2021. Use of black soldier fly and house fly in feed to promote sustainable poultry production. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7: 761-780.
- Dreyer, M., Hörtenhuber, S., Zollitsch, W., Jäger, H., Schaden, L.-M., Gronauer, A., Kral, I. 2021. Environmental life cycle assessment of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) production for human consumption in Austria – a comparison of mealworm and broiler as protein source. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 2232-2247.
- EFSA 2021a. Uredba komisije (EU) 2021/1372 z dne 17. avgusta 2021 o spremembi Priloge IV k Uredbi (ES) Evropskega parlamenta in Sveta št. 999/2001 v zvezi s prepovedjo krmljenja rejnih neprežvekovalcev, ki niso kožuharji, z beljakovinami, pridobljenimi iz živali. Uradni list Evropske unije. L 295/1, 18.8.2021.
- EFSA, 2021. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283, *EFSA Journal*, 19(1):6343.
- Gladyshev, M.I., Sushchik, N.N. 2019. Long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids in natural ecosystems and human diet: Assumptions and challenges. *Biomolecules*, 9: 485.
- Hong, J., Kim, Y.Y. 2022. Insect as feed ingredients for pigs. *Animal Bioscience*, 35: 347-355.
- INRAe, 2020. Eva Pig, Edition 2020, <https://en.evapig.com/>
- Izvedbena uredba komisije (EU) 2017/2469 z dne 20. decembra 2017 o določitvi upravnih in znanstvenih zahtev za vloge iz člena 10 Uredbe (EU) 2015/2283 Evropskega parlamenta in Sveta o novih živilih. L 351/64 SL Uradni list Evropske unije 30.12.2017.
- Kawasaki, K., Osafune, T., Tamehira, S., Yano, K. 2021. Piglets can secrete acidic mammalian chitinase from the pre weaning stage. *Scientific Reports*, 11: 1297.
- Khan, M., Chand, N., Khan, S., Khan, R., Sultan, A. 2018. Utilizing the house fly (*Musca domestica*) larva as an alternative to soybean meal in broiler ration during the starter phase. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 20: 9-14.
- Kröncke, N., Neumeister, M., Benning, B. 2023. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Quantitative Analysis of Fat and Fatty Acid Content in Living *Tenebrio molitor* Larvae to Detect the Influence of Substrate on Larval Composition. *Insects*, 14, 114, 21 s.
- Lawal, K.G., Kavle, R.R., Akanbi, T.O., Miroso, M., Agyei, D. 2021. Enrichment in specific fatty acids profile of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* larvae through feeding. *Future Foods*, 3: 100016.
- Lee, K.-I., Chae, Y., Yun, T., Koo, Y., Lee, D., Kim, H., So, K.-M., Cho, W.J., Kim, H.-J., Yang, M.-P., Kang, B.Z. 2021. Clinical application of insect-based diet in canine allergic dermatitis. *Korean J Vet Res*, 6: e36.
- Lu, S., Taethaisong, N., Meethip, W., Surakhunthod, J., Sinpru, B., Sroichak, T., Archa, P., Thongpea, A., Paengkoum, S., Aprilia, R., Purba, P., Paengkoum, P. 2022. Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) and Its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review. *Insects*, 13: 831.
- Malla, N., Nørgaard, J.V., Lørke, H.N., Heckmann, L.-H.L., Roos, N. Some Insect Species Are Good-Quality Protein Sources for Children and Adults: Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) Determined in Growing Pigs. *The Journal of Nutrition*, 152: 1042-1051.
- Matin, N., Utterback, P., Parsons, C.M. 2021. True metabolizable energy and amino acid digestibility in black soldier fly larvae meals, cricket meal, and mealworms using a precision-fed rooster assay. *Poultry Science*, 100:101146.
- Meyer-Rochow, V.B., Gahukar, R.T., Ghosh, S., Jung, C. 2021. Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. *Foods*, 10, 1036.
- Oonincx, D.G., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M.J.W., van den Brand, H., van Loon, J.J.A., van Huis, A. 2010. An exploration of greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal and human consumption. *PloS ONE*, e14445.
- Oonincx, D.G.A.B., Finke, M.D. 2020. Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7: 639 - 659.
- Parmar, T.P., Kindinger, A.L., Mathieu-Resuge, M., Twining, C.W., Shipley, J.R., Kainz, M.J., Martin-Creuzburg, D. 2022. Fatty acid composition differs between emergent aquatic and terrestrial insects - A detailed single system approach. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10: 952292, 13 s.
- Paßlack, N., Zentek, J. 2018. Akzeptanz, Verträglichkeit und scheinbare Nährstoffverdaulichkeit von Alleinfuttermitteln auf Basis von *Hermetia-illucens*-Larvenmehl bei Katzen. *Tierärztliche Praxis Kleintiere*, 46: 213-221.
- Premrov Bajuk, B., Zrimšek, P., Kotnik, T., Leonardi, A., Krizaj, I., Jakovac-Strajn, B. 2021. Insect protein-based diet as potential risk of allergy in dogs. *Animals*, 11: 1942.
- Proc, K., Bulak, P., Wiacek, D., Bieganski, A. *Hermetia illucens* exhibits bioaccumulative potential for 15 different elements- Implications for feed and food production. *Science of the Total Environment*, 723, 138125.
- Riekkinen, K., Väkeväinen, K., Korhonen, J. 2022. The Effect of Substrate on the Nutrient Content and Fatty Acid Composition of Edible Insects. *Insects*, 13: 590, 17 s.
- Salomone, R., Saija, G., Mondello, G., Gianetto, A., Fasulo, S., Savastano, D. 2017. Environmental impact of food waste bioconversion by insects: application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia Illucens*, *Journal of Cleaner Production*, 140: 890-905.
- Sanchez-Muros, M.-J., Barosso, F.G., Manzano-Agugliaro, F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review, *Journal of Cleaner Production*, 65: 14-16.
- Schiavone, A., Dabbou, S., Petracci, M., Zampiga, M., Sirri, F., Biasato, I., Gai, F., Gasco, L. 2019. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on carcass traits, breast meat quality and safety. *Animal*, 13: 2397-2405.

- Schiavone, A., De Marco, M., Martínez, S., Dabbou, S., Renna, R., Madrid, J., Hernandez, F., Rotolo, L., Costa, P., Gai, F., Gasco, L. 2017. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8:51, 9 s.
- Secci, G., Bovera, F., Nizza, S., Baronti, N., Gasco, L., Conte, G., Serra, A., Bonelli, A., Parisi, G. 2018. Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. *Animal*, 12: 2191-2197.
- Secci, G., Bovera, F., Parisi, G., Moniello, G. 2020. Quality of eggs and albumen technological properties as affected by *Hermetia illucens* larvae meal in hens' diet and hen age. *Animals*, 10: 1-12.
- Smetana, S., Palanisamy, M., Mathys, A., Heinz, V. 2016. Sustainability of insect use for feed and food: Life cycle assessment perspective, *Journal of Cleaner Production*, 137, 741-751.
- Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Ovyen, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P., De Smet, S. 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97: 2594-2600.
- Tabata, E., Kashimura, A., Kikuchi, A., Masuda, H., Miyahara, R., Hiruma, Y., Wakita, S., Ohno, M., Sakaguchi, M., Sugahara, Y., Matoska, V., Bauer, P.O., Oyama, F. 2018. Chitin digestibility is dependent on feeding behaviors, which determine acidic chitinase mRNA levels in mammalian and poultry stomachs. *Scientific Reports*, 8: 1461.
- Tabata, E., Kashimura, A., Wakita, S., Ohno, M., Sakaguchi, M., Sugahara, Y., Imamura, Y., Seki, S., Ueda, H., Matoska, V., Bauer, P.O., Oyama, F. 2017. Protease resistance of porcine acidic mammalian chitinase under gastrointestinal conditions implies that chitin-containing organisms can be sustainable dietary resources. *Scientific Reports*, 7: 12963.
- Tyrbirk, P., Sloth, N.M., Blaabjerg, K. 2021. Danish Nutrient Standards. Pig Research Centre, 33. izdaja, 14 s. https://pigresearchcentre.dk/-/media/PDF/English-site/Research_PDF/Nutrition-standards/Foder_Naeringsstoffer_Normer_for_naeringsstoffer2_uk.ashx.
- UREDBA (EU) 2015/2283 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 25. novembra 2015 o novih živilih, spremembi Uredbe (EU) št. 1169/2011 Evropskega parlamenta in Sveta in razveljavitvi Uredbe (ES) št. 258/97 Evropskega parlamenta in Sveta ter Uredbe Komisije (ES) št. 1852/2001. Uradni list Evropske unije, 11.12.2015, L 327/1.
- Vandeweyer, D., De Smet, J., Van Looveren, N., Van Campenhout, L. 2021. Biological contaminants in insects as food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7: 807-822.
- Veldkamp, T., Bosch, G. 2015. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontiers*, 5: 45-50.
- Veldkamp, T., Vernooij, A.G. 2021. Use of insect products in pig diets. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7: 781-793.
- Van Zanten, H.H.E., Mollenhorst, H., Oonincx, D.G.A.B, Bikker, P., Meerburg, B.G., de Boer, I.J.M. 2015. From environmental nuisance to environmental opportunity: housefly larvae convert waste to livestock feed, *Journal of Cleaner Production*, 102, 362-369..
- Yu, M., Li, Z.M., Chen, W.D., Rong, T., Wang, G., Li, J.H., Ma, X.Y. 2019. Use of *Hermetia illucens* larvae as a dietary protein source: effects on growth performance, carcass traits, and meat quality in finishing pigs. *Meat Science*, 158: 7.

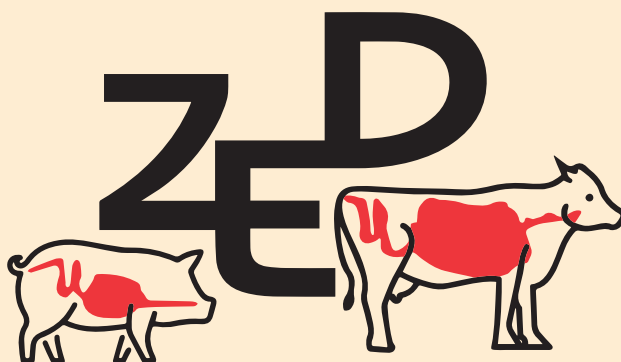


Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije

KMETIJSKO GOZDARSKI ZAVOD
MURSKA SOBOTA

ZBORNİK PREDAVANJ

**31. mednarodno
znanstveno posvetovanje
o prehrani domačih živali**



PROCEEDINGS

***31st International
Scientific Symposium on
Nutrition of Farm Animals***

MURSKA SOBOTA

16. in 17. november 2023

16th and 17th November 2023

ZBORNİK PREDAVANJ

**31. mednarodno znanstveno posvetovanje
o prehrani domačih živali
Zadravčevi-Erjavčevi dnevi 2023**



PROCEEDINGS

***31st International Scientific Symposium
on Nutrition of Farm Animals
Zadravec-Erjavec Days 2023***

MURSKA SOBOTA

16. in 17. november 2023

16th and 17th November 2023

Organizacijski odbor/*Organizing Committee*

Predsednik/*Chairman*

dr. Stanko Kapun

Člani/*Members*

mag. Tatjana Čeh

Marjan Špur

Jernej Pečnik

Uredniški odbor/*Editorial Board*

mag. Tatjana Čeh

dr. Stanko Kapun

Organizator/*Organiser*

KGZS-Zavod MS, Štefana Kovača 40, 9000 Murska Sobota;
e-pošta/*e-mail*: tajnistvo@kgzs-ms.si; spletna stran/*website*: www.kgzs-ms.si

Izdajo zbornika predavanj
in izvedbo posvetovanja so finančno omogočili:

Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije,
Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota,



REPUBLIKA SLOVENIJA
**MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO**

in sponzorji

Grafično oblikovanje / *Graphic design*:
GrafoP, Peter Orban, s.p., Lendava

Murska Sobota, november 2023

Založba / *Publisher*:
Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije
Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota

Vsi prispevki so recenzirani / *All papers are reviewed*

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

636.084/.087(082)(0.034.2)

MEDNARODNO znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali (31 ; 2023 ; Murska Sobota)

31. mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali [tudi] Zdravčevi-Erjavčevi dnevi 2023 [Elektronski vir] = 31th International Scientific Symposium on Nutrition of Farm Animals [being] Zdravec-Erjavac Days 2023 : zbornik predavanj = proceedings : Murska Sobota, 16. in 17. november 2023, 16th and 17th November 2023 / uredniški odbor, editorial board Tatjana Čeh, Stanko Kapun ; organizator, organiser KGZS - Zavod MS. - E-zbornik. - Murska Sobota : Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod, 2023

ISBN 978-961-96187-5-2
COBISS.SI-ID 170646787

--

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Univerzitetni knjižnici Maribor
COBISS.SI-ID 170646787