

Izvorni znanstveni rad
Original scientific paper

UTJECAJ VRSTE HRANE NA RAZVOJNE OSOBINE LIČINAKA BRAŠNARA I KVALITATIVNI SASTAV BRAŠNA DOBIVENOG NJIHOVOM PRERADOM

Renata BAŽOK, Tea ARVAJ, Željana BJELJA, Helena VIRIĆ GAŠPARIĆ
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju,
Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb

rbazok@agr.hr

Prihvaćeno: 6-11-2019

SAŽETAK

Uporaba kukaca za prehrambene svrhe smatra se prikladnim rješenjem za proizvodnju nutritivno vrijedne hrane u uvjetima povećanog porasta stanovništva. Prednosti njihovoga uzgoja u odnosu na uzgoj drugih životinja jesu niski troškovi proizvodnje, bolje iskorištenje hrane, manja emisija plinova te manji utrošak energije za proizvodnju hrane veće kalorijske vrijednosti u odnosu na meso domaćih životinja. Ličinke velikog brašnara (*Tenebrio molitor* L.) masovno se konzumiraju u Africi, Aziji, Americi i Australiji. Za potrebe prehrane ljudi ova se vrsta uzgaja na različitim vrstama hrane. Vrsta hrane kojom se hrane ličinke kukaca utječe na njihove razvojne osobine, a pretpostavka je da u slučaju brašnara može utjecati i na kvalitativni sastav brašna kojeg proizvodimo iz ličinaka. U provedenom istraživanju ličinke brašnara hranjene su jabukom, zobenim pahuljicama, kukuruznim i pšeničnim brašnom. Tijekom osam tjedana promatrane su razvojne osobine, mortalitet i težina ličinka. Od uzgojenih ličinka pripremljeno je brašno u kojem je ustanovljen sadržaj suhe tvari, pepela, proteina, vlakana, masti i šećera. Provedeno istraživanje potvrdilo je postavljenu hipotezu da vrsta hrane značajno utječe na razvojne osobine. Nakon ishrane jabukom mortalitet je ličinka najveći, njihov je razvoj usporen, a sastav brašna najlošiji je. Razvojne osobine ličinka hranjenih ostalim trima vrstama hrane i kvalitativni sastav brašna dobiven od tih ličinka manje se razlikuje. Između zobenih pahuljica, kukuruznog i pšeničnog brašna za uzgoj ličinka brašnara treba odabrati ekonomski najisplativiju opciju te voditi računa o eventualnim posebnim zahtjevima tržišta koje traži proizvode određenih kvalitativnih svojstava.

Ključne riječi: brašnar, brzina razvoja, entomofagija, kvalitativni sastav brašna

DEVELOPMENTAL CHARACTERISTICS AND THE QUALITATIVE COMPOSITION OF THE FLOUR OBTAINED FROM THE LARVAE OF THE MEALWORM (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758) FED DIFFERENT FOOD

SUMMARY

In the conditions of increased population growth, the use of insects for food is considered a suitable solution for the production of nutritionally valuable foods. The benefits of their breeding in relation to the breeding of other animals are low production costs, better food yield, lower gas emissions, and lower energy consumption when producing foods of higher caloric value comparing with domestic animals. The larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) are widely consumed in Africa, Asia, America and Australia. For eating purposes, this species is grown on different types of food. The type of food feeding on insect larvae affects their developmental characteristics, and it is assumed that, in the case of mealworm, it may also affect the qualitative composition of the flour we produce from larvae. In the conducted research mealworm larvae were fed with apple, oatmeal flakes, corn flour and wheat flour. During the eight weeks developmental traits, mortality and weight of larvae were observed. At the end of investigation, we prepared flour from surveyed larvae and determined the content of dry matter, ash, protein, fiber, fat and sugar. The research results confirmed the hypothesis that the type of food has a significant impact on larval developmental features. After feeding the apple, the larvae mortality is greatest, their development is slowed, and the content of dry matter, ash, proteins, fat, fibers and sugar was significantly lower comparing three other treatments. The developmental characteristics of larvae fed with the other three types of food and the qualitative composition of the flour obtained from these larvae are less varied. Among the oatmeal flakes, corn and wheat flour for rearing larvae, one should choose the most economically viable option and take into account any specific market requirements that require products of certain qualitative properties.

Key words: developmental time, entomophagy, mealworm, qualitative composition of the flour

UVOD

Smatra se da će do 2050. godine svjetska populacija dosegnuti brojku od oko 9 milijardi ljudi što će uzrokovati nedostatak hrane na globalnoj razini, posebice u obliku proteina životinjskog podrijetla (FAO, 2009). Entomofagija (korištenje kukaca u prehrani ljudi) u ljudskoj je povijesti vrlo dugo zastupljena u nekim kulturama. Dokazi o entomofagiji tijekom ljudske povijesti pronađeni su unutar špilja SAD-a i Meksika (Kourimska i Adamkova, 2016). Više od 2000 vrsta kukaca jestive su (Jongema, 2012). Oko dvije milijarde ljudi već koriste

kukce u ishrani (Makkar i sur., 2014). Ishrana kukcima ili kukci kao dodatak prehrani predstavljaju nužan korak u borbi s neodrživom praksom današnjeg modernog uzgoja, nestašicom hrane i narušavanjem bioraznolikosti i okoliša (van Huis i sur., 2013). Upravo se zato kukci istražuju kao potencijalni alternativni izvori proteina koji se mogu proizvesti u održivom sustavu proizvodnje s manjom potrebom za vodom i hranom, investicijama u prostor i opremu za uzgoj i jednostavnijim uzgojem na farmama (van Huis i sur., 2013). Ekološki gledano, uzgoj kukaca za prehranu ima dosta prednosti. Kukci se mogu uzgajati uz relativno niske troškove pri čemu se koristi 50 do 90 % manje površine po kg proteina, 40 do 80 % manje hrane po kg jestive mase te proizvode 1000 do 2700 g manje emisija plinova (GHGEs) po kg masenog udjela u odnosu na konvencionalni uzgoj stoke (van Huis i sur., 2013).

Kukci su vrlo učinkoviti u biotransformaciji organske tvari u odnosu na druge životinjske vrste jer su poikilotermni organizmi koji koriste manje energije za održavanje tjelesne temperature (Premalatha i sur., 2011). Primjerice ličinke iz uzgoja biljnu biomasu pretvore u životinjsku biomasu do 10 puta učinkovitije od drugih životinjskih vrsta uzgajanih za hranu. Također je uzgoj kukaca za ishranu jeftiniji i manje zahtjevan pri čemu je rizik od prijenosa bolesti na ljude zanemariv u odnosu na druge životinjske vrste (Petrić i sur., 2015). Prema Payne i sur. (2016), kukci sadrže veću kalorijsku vrijednost nego meso domaćih životinja. Proteinska je vrijednost vrlo slična, dok je sadržaj željeza, lipida i soli puno veći nego u domaćih životinja, a uočen je i veći sadržaj kalcija. Nutritivna analiza kukaca pokazuje veliku raznolikost unutar vrsta, iako se nijedna vrsta kukaca ne ističe kao signifikantno zdravija od mesnih proizvoda dobivenih od tradicionalnih životinjskih vrsta. Znanstvenim je istraživanjima dokazano da je masovni uzgoj kukaca manje štetan za okoliš od uzgoja ostalih životinja (Oonincx i sur., 2010).

Europska unija do sada je izdvojila oko 3 milijuna eura na studije o nutritivnoj vrijednosti kukaca (Siemianowska i sur., 2013). Kukci su u EU-u kategorizirani kao nova hrana te je za svaku vrstu potrebno provesti opsežna istraživanja prije nego se dopusti prodaja na tržištu. Vrste kukaca koje se koriste za hranu brojne su, a svaka vrsta odlikuje se specifičnim osobinama o kojima nema uvijek dovoljno informacija (van Huis i Oonincx, 2017). U Europi kukci čine svega 2 % ljudske hrane, dok u Americi dosežu 39 %, a u Africi 30 % ukupne potrošnje hrane (Johnson, 2010). International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF) (2019) navodi da su proizvođači kukaca, kao i svaki drugi subjekti u poslovanju s hranom ili s hranom za životinje, odgovorni za sigurnost proizvoda na tržištu. U tu svrhu zakonodavna vlast EU-a nameće opće obveze kao što je registracija pred nacionalnim nadležnim tijelima i uspostavljanje higijenskih standarda koji će se primjenjivati u različitim fazama proizvodnje. Trenutno se radi na promjeni zakona EU-a u korist veće slobode u marketingu kukaca kao hrane što ukazuje na činjenicu da kukci za prehranu dopiru do tržišta EU-a

(EFSA, 2015). Naglašava se važnost sustavnog istraživanja nutritivnog sadržaja i sigurnosti komercijalno dostupnih kukaca za ljudsku potrošnju (EFSA, 2015).

Među jestivim vrstama kukaca ističe se vrsta *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae), odnosno veliki brašnar čije se ličinke masovno konzumiraju u Africi, Aziji, Americi i Australiji (Bovera i sur., 2015). Popularnost ove vrste za ishranu raste. U novije vrijeme ova je vrsta zabilježena kao najčešće uzgajana na područjima Europe (Paul i sur., 2017). Vrsta *T. molitor* inače je štetni kornjaš u skladištima koji se hrani brašnom i proizvodima od brašna, žitom, mliječnim prahom i mesom pri čemu ličinke oštećuju sve vrste ambalaže (Maceljski, 2002). Ova vrsta odlaže jaja od 4 do 17 dana nakon kopulacije. Jedna ženka može odložiti oko 500 jaja. Embrijski razvoj traje od 4 do 6 dana, a pri temperaturama višim od 27 °C i kraće. Razvoj ličinka traje oko 3 mjeseca. Prosječna je težina ličinke oko 0,2 g i dužine je od 25 do 35 mm (Aguilar-Miranda i sur., 2002). Prije samog dovršetka ličinačkog stadija ličinka izlazi na površinu gdje se pretvara u mliječno bijelu kukuljicu. Nakon 5 do 6 dana pojavljuje se odrasli oblik (Siemianowska i sur., 2013). Najčešće ima jednu generaciju godišnje, no razvoj se može protegnuti i na dvije godine (Maceljski, 2002). Vrsta *T. molitor* sadrži veliku količinu proteina (od 47,76 do 53,13 %) i lipida (27,25 do 38,26 %), a s energetske vrijednosti varira od 379 do 573 kcal/100 g, što se smatra među najvećim vrijednostima za namirnice u ljudskoj prehrani (Bovera i sur., 2015). Brašno proizvedeno od ličinka vrste *T. molitor* u odnosu na svježe brašnare te meso piletine, govedine, svinjetine, ribe i jaja dvostruko je bogatije proteinima, mastima i mineralima (Siemianowska i sur., 2013). Količina proteina dobivenih od brašnara na 1 ha tla jednaka je količini proteina dobivenoj od goveda za čiju je proizvodnju potrebno 10 ha tla (Gahukar, 2016).

Kvaliteta i količina hrane glavni su čimbenici u uzgoju bilo koje vrste životinja. Alves i sur. (2016) dokazali su da ličinke brašnara sadrže više ugljikohidrata ako su hranjene hranom koja sadrži više ugljikohidrata (kombinacija sojinog i pšeničnog brašna). Količina lipida povećava se dodavanjem brašna plodova i sjemenka palme osnovnoj hrani. Suvišak lipida doveo je do povećane smrtnosti ličinka. Kombinacija brašna ploda i brašna sjemenaka rezultirala je signifikantnim povećanjem proteina i lipida te sadržaja vlakana. Studija je dokazala da brašnari koji su uzgajani na brašnu ploda palme predstavljaju dobar izvor proteina i vlakana.

Ovo je istraživanje provedeno s pretpostavkom da vrsta hrane kojom se hrane ličinke brašnara utječe na brzinu razvoja ličinka, dinamiku presvlačenja, formiranje kukuljice i na kvalitativni sastav brašna (količinu suhe tvari, sadržaj proteina, lipida, vlakana i šećera) dobivenog iz ličinka. Stoga je cilj istraživanja utvrditi mortalitet ličinka, brzinu razvoja, uspjeh kukuljenja te sadržaj suhe tvari, proteina, lipida, šećera i vlakana u brašnu dobivenom iz ličinka brašnara hranjenih četirima različitim vrstama hrane.

MATERIJALI I METODE RADA

Postavljanje pokusa

Ličinke brašnara nabavljene su u trgovini „EGZOTIKA SHOP“, Tratinska 22, Zagreb. Za pokus su odabrane 4 vrste hrane: kukuruzno brašno proizvođača „Podravka“ i pšenično glatko brašno tip 550 proizvođača „Podravka“, zobene pahuljice proizvođača „Hahne“ te jabuke sorte zlatni delišes iz ekološkog uzgoja trgovačkog lanca Bio&Bio. Laboratorijski pokusi provedeni su od 31. siječnja do 9. travnja 2018. godine u insektariju Zavoda za poljoprivrednu zoologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Ličinke brašnara hranjene su četirima različitim vrstama hrane. Na svaku varijantu postavljeno je po 50 prethodno izvaganih ličinka u pet ponavljanja (ukupno 250 ličinka po varijanti) u prethodno označene polietilenske posude s mrežicom. U svaku je posudu postavljeno 100 g hrane osim kod jabuke gdje je postavljeno 15 g s namjerom nadopunjavanja svježim jabukama kako bi se spriječio negativan utjecaj vlage koja može ometati razvoj brašnara i uzrokovati visoki mortalitet. Posude su tijekom pokusa čuvane na sobnoj temperaturi (23 i 25 °C), a relativna vlažnost zraka bila je 60 %. Kukci su držani u blago zamračenom prostoru insektarija kakav inače prevladava u skladištima.

Očitavanje pokusa

Pregledi pokusa obavljani su svakih 7 dana pri čemu je praćen broj živih ličinka, težina ličinka u gramima i težina podloge (vrste hrane) te broj svlakova ličinka brašnara, broj kukuljica i broj odraslih koji su dovršili razvoj da bi se utvrdila sposobnost razvoja na pojedinoj varijanti. Ukupno je obavljeno osam pregleda.

Analize brašnara

Nakon osam tjedana preživjele ličinke na pojedinim varijantama liofilizirane su te je pripremljeno brašno koje je analizirano u laboratoriju Zavoda za hranidbu domaćih životinja Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Dobiveni uzorci (5 g) brašna podvrgnuti su sušenju na 103 ± 2 °C tijekom 4 sata sukladno metodi HRN ISO (6496:2001). Analizirana je količina vlage i drugih hlapljivih tvari. Maseni udjel pepela određen je u uzorcima brašna žarenjem na 550 °C tijekom 4 h prema metodi HRN ISO (5984:2004en). Metodom s intermedijarnom filtracijom (HRN EN ISO 6865:2001en) određen je udjel sirovih vlakana koji su sagorivi dio uzorka nakon kuhanja u kiselini i lužini te otklanjanja masti, voskova i pigmentata. Određivanje udjela masti provedeno je prema modificiranim uputama sustava za ekstrakciju ANKOM XT15 (ISO 6492:2001en). Određivanje količine dušika i izračunavanje količine sirovih proteina u uzorcima napravljeno je Kjeldahlovom metodom koja se temelji na međunarodnoj normi HRN EN ISO (5983-2:2010en) (Razaranje u bloku i metoda destilacije parom). Šećeri u uzorku određeni su modificiranom

metodom (Somogy, 1937, Nelson, 1944) metodom za kolorimetrijsko određivanje šećera po principu zagrijavanja do vrenja u standardiziranim uvjetima s otopinom Cu(II) iona koji se djelomično reducira u Cu(I) ione ovisno o količini šećera u uzorku.

Statistička analiza

Podatci o broju mrtvih ličinka, prosječnoj težini ličinka, broju presvlačenja i broju kukuljica podvrgnuti su dvosmjernoj analizi varijance, a srednje vrijednosti međusobno su uspoređene uz pomoć Tukey's HSD testa. Rezultati pojedinačnih kemijskih analiza podvrgnuti su također dvosmjernoj analizi varijance, a srednje vrijednosti uspoređene su Tukey's testom na razini signifikantnosti $p < 0,05$. Statistička analiza provedena je uz pomoć softvera ARM 2018 Gylling Data Management, Inc.

REZULTATI

Ishrana različitom vrstom hrane signifikantno utječe na broj uginulih ličinka. Signifikantno najmanji broj uginulih ličinka tijekom cijelog trajanja pokusa ustanovljen je nakon njihove ishrane pšeničnim brašnom i zobenim pahuljicama (Tablica 1.). Istovremeno ishrana kukuruznim brašnom i jabukom dovela je do većeg broja uginulih ličinka.

Tablica 1. Mortalitet ličinka velikog brašnara tijekom uzgoja na različitim vrstama hrane, Zagreb, 2018.

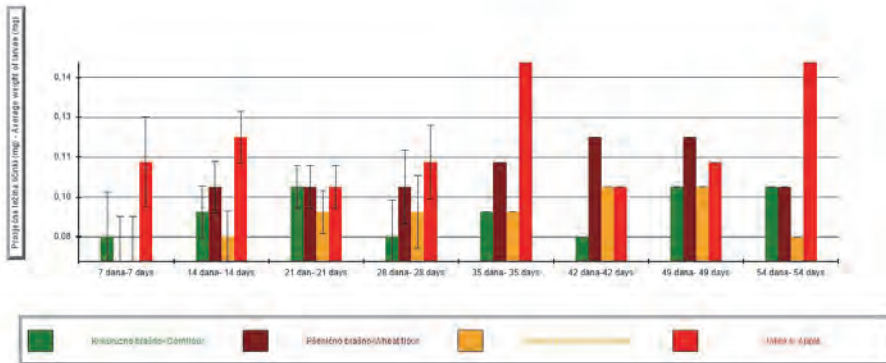
Table 1 Mortality of the mealworm larvae fed different food sources, Zagreb, 2018.

Vrsta hrane/ Food source	Prosječan kumulativni broj uginulih ličinki tijekom uzgoja \pm SD Average cummulative number of dead larvae \pm SD							
	7 dana 7 days	14 dana 14 days	21 dan 21 days	28 dana 28 days	35 dana 35 days	42 dana 42 days	49 dana 49 days	56 dana 56 days
Kuk. brašno Cornflour	0,0 \pm 0,0b*	4,18 \pm 7,31a	7,4 \pm 2,61b	8,8 \pm 2,77a	12,9 \pm 2,4a	15,6 \pm 2,8a	27,7 \pm 0,36a	28,4 \pm 4,04a
Pš. brašno Wheat flour	0,0 \pm 0,0b	0,04 \pm 2,57b	1,0 \pm 1,22c	1,2 \pm 1,1b	1,2 \pm 4,1b	1,6 \pm 1,14c	1,82 \pm 0,48c	2,8 \pm 2,17c
Zobene pahuljice Oat flakes	0,0 \pm 0,0b	0,16 \pm 3,14b	0,8 \pm 0,84c	0,8 \pm 0,84b	0,16 \pm 3,14b	1,4 \pm 1,14c	1,25 \pm 0,44c	3,8 \pm 1,79c
Jabuka Apple	6,78 \pm 2,59a	6,95 \pm 2,59a	7,15 \pm 2,17a	7,15 \pm 2,17a	8,26 \pm 2,59a	12,0 \pm 1,87b	11,95 \pm 0,26b	22,8 \pm 2,28b
Tukey's HSD $p=5\%$	0,577	2,205	3,513	3,954	1,275	3,484	2,258	5,068

*vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju temeljem HSD testa po Tukey-u ($p > 0,05$)

*Values followed by the same letters are not significantly different according to Tukey's HSD test ($p > 0.05$)

Tijekom trajanja pokusa utvrđena prosječna težina ličinki je varirala, pri čemu su ličinke hranjene jabukom imale najveću prosječnu težinu u većini pregleda (Slika 1.).



Slika 1. Prosječna težina ličinka velikog brašnjara za vrijeme ishrane različitim vrstama hrane tijekom trajanja pokusa, Zagreb, 2018.

Figure 1 Average weight of the mealworm larvae fed different food sources during the investigation, Zagreb, 2018.

Ličinke hranjene zobenim pahuljicama najviše su se puta presvlačile, dok su se ličinke hranjene jabukom najmanje puta presvlačile (Tablica 2.).

Tablica 2. Broj presvlačenja ličinka velikog brašnjara pri ishrani različitim vrstama hrane, Zagreb, 2018.

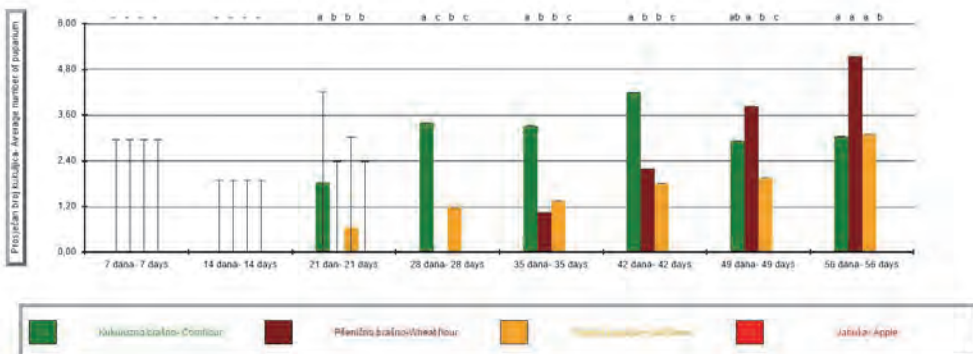
Table 2 Number of moultings of the mealworm larvae when fed different food sources, Zagreb, 2018.

Vrsta hrane Food source	Kumulativni broj svlakova tijekom trajanja pokusa ± SD Cummulative number of the exuvies during the trial ± SD							
	7 dana 7 days	14 dana 14 days	21 dan 21 days	28 dana 28 days	35 dana 35 days	42 dana 42 days	49 dana 49 days	56 dana 56 days
Kuk. brašno Cornflour	11,28±0,07 b*	18,7±0,11 a	24,83±0,13 a	28,0±8,06 b	30,21±0,11 b	33,6±8,35 b	33,5±5,26 b	34,48±5,51 b
Pš. brašno Wheat flour	3,28 ±0,11 c	5,92±0,13 b	7,87±0,19 b	10,6±4,56 c	11,84±0,16 c	13,6±5,41 c	13,43±4,63 c	13,78±4,98 c
Zobene pahuljice Oat flakes	21,47 ± 0,14 a	30,44±0,12 a	36,17±0,09 a	39,8±6,87 a	45,35±0,07 a	48,6±7,4 a	56,63±4,5a	60,52±5,76 a
Jabuka Apple	3,19±0,15 c	5,45±0,1 b	6,65±0,1 b	7,8±1,64 c	8,68±0,08 c	9,8±1,64 c	9,75±1,61 c	9,75±1,61 c
HSD p=5%	2,984	3,854	4,485	10,555	4,129	10,337	7,964	9,362

*vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju temeljem HSD testa po Tukey-u ($p>0,05$)

* Values followed by the same letters are not significantly different according to Tukey's HSD test ($p>0.05$)

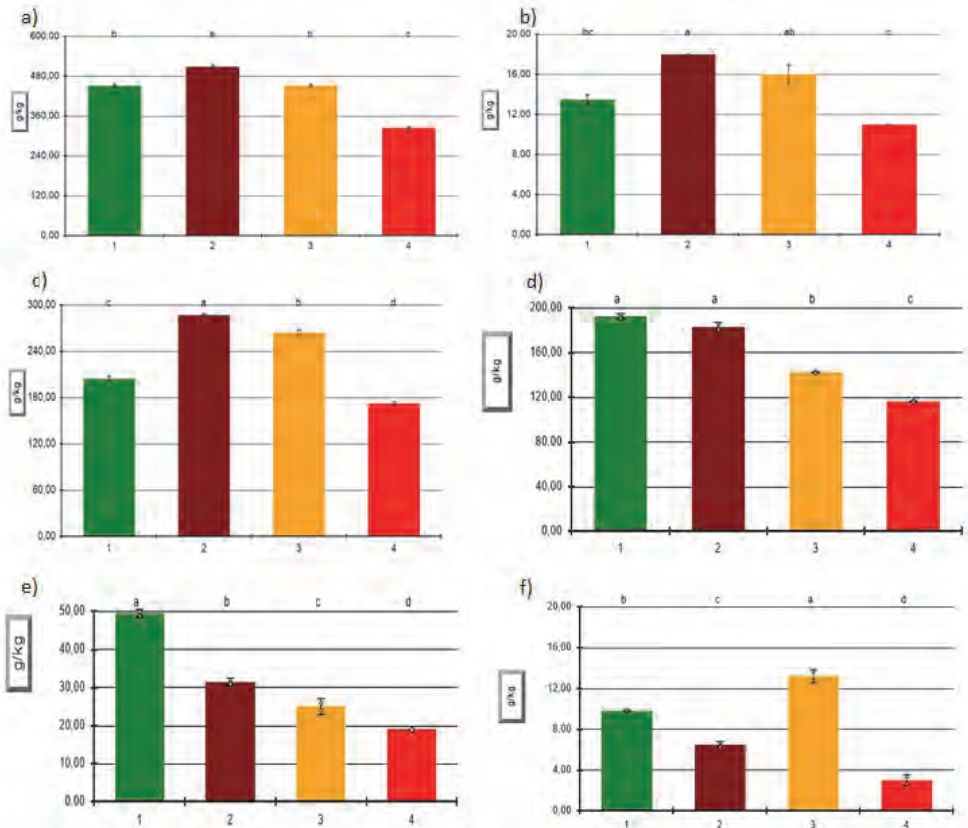
Ustanovljene su signifikantne razlike između varijanta u broju kukuljica (Slika 2.), no te razlike ovise o datumu očitavanja. Najviše se kukuljica razvilo nakon ishrane kukuruznim brašnom.



Slika 2. Prosječan broj kukuljica velikog brašnara razvijениh od ličinka hranjenih različitim vrstama hrane, Zagreb 2018.

Figure 2 Average number of the puparium of mealworm developed by larvae fed different food sources, Zagreb, 2018.

Kvalitativne odlike brašna dobivenog od ličinka hranjenih različitim vrstama hrane prikazane su slikom 3. Za sve parametre koji su praćeni ustanovljene su signifikantne razlike između pojedinih varijanta. Iz ličinka hranjenih pšeničnim brašnom dobiveno je brašno s najvećim sadržajem suhe tvari, pepela i proteina te visokim sadržajem masti i osrednjim sadržajem vlakana te niskim sadržajem šećera. Iz ličinka hranjenih zobenim pahuljicama dobiveno je brašno s visokim udjelom suhe tvari, pepela, proteina i šećera, osrednjim sadržajem masti i niskim sadržajem vlakana. Kvalitativne odlike brašna dobivenog iz ličinka koje su se hranile jabukom za sve su promatrane parametre vrlo niske.



Slika 3. Kvalitativne odlike brašna dobivenog preradom ličinka velikog brašnara uzgajanih na različitim vrstama hrane, Zagreb 2018.: a) sadržaj suhe tvari ($HSD_{P>0,05}=23,380$); b) sadržaj pepela ($HSD_{P>0,05}=3,268$); c) sadržaj proteina ($HSD_{P>0,05}=21,375$); d) sadržaj masti ($HSD_{P>0,05}=11,824$); e) sadržaj vlakana ($HSD_{P>0,05}=4,407$); f) sadržaj šećera ($HSD_{P>0,05}=1,195$)

Figure 3 Qualitative characteristics of the flour produced from mealworm larvae fed different food sources, Zagreb 2018. a) Dry matter content ($HSD_{P>0,05}=23,380$); b) Ash content ($HSD_{P>0,05}=3,268$); c) Protein content ($HSD_{P>0,05}=21,375$); d) Fat content ($HSD_{P>0,05}=11,824$); e) Fiber content ($HSD_{P>0,05}=4,407$); f) Sugar content ($HSD_{P>0,05}=1,195$)

RASPRAVA

Brojni su primjeri i istraživanja koja su pokazala da je kvaliteta hrane kojom se hrane ličinke od presudne važnosti za njihov razvoj što uključuje brzinu razvoja, uspjeh preživljavanja, fertilitet odraslih kukaca i sl. (Awmack i Leather, 2002; Igrc Barčić i Bažok, 2004; Moreau i sur., 2006). Rezultati provedenih istraživanja potvrđuju ove navode i pokazuju da je ishrana različitim vrstama hrane utjecala na mortalitet ličinka brašnara. Prosječan broj uginulih ličinka utvrđen u pokusu kretao se od 3,8 ličinka pri ishrani zobnim pahuljicama do

28,4 ličinka pri ishrani kukuruznim brašnom (Tablica 1.). Ličinke hranjene jabukom imale su u većem broju očitavanja najveću prosječnu težinu, no ne može se zaključiti da je ta razlika posljedica bržeg rasta ličinka jer je broj presvlačenja bio mali. Prosječna težina ličinka koje su postavljene na hranjenje jabukom bila je signifikantno veća u odnosu na ličinke hranjene drugim vrstama hrane. S obzirom na navedeno ne može se zaključiti da vrsta hrane izravno utječe na prirast ličinka, iako to rezultati nekih istraživanja provedenih na drugim kukcima, primjerice na tri vrste roda *Hydropsycha* (Randall i Mackey, 1981), potvrđuju. Istraživanja kojima bi se to potvrdilo trebala bi biti provedena s ličinkama potpuno jednake prosječne težine od početka trajanja pokusa, što je u našem istraživanju bilo nemoguće izvesti. Vrsta hrane utjecala je i na broj presvlačenja te je ishrana zobenim pahuljicama imala za posljedicu signifikantno veći broj presvlačenja. Kada se broj presvlačenja preračuna u broj preživjelih ličinka, vidi se da se svaka ličinka na ovoj vrsti hrane tijekom 8 tjedana presvukla 1,3 puta. Taj je broj presvlačenja relativno mali u odnosu na podatak o trajanju razvoja ličinka koji, prema Maceljskom (2002), iznosi 3 mjeseca. Vjerojatno je sporiji razvoj ličinka na svim varijantama uvjetovan nižom temperaturom i uvjetima u kojima su se ličinke razvijale tijekom veljače i ožujka. Iz tablice 2 vidi se da se broj presvlačenja ličinka na većini vrsta hrane povećava u zadnja četiri očitavanja, što se može pripisati porastu temperature u prostoru u kojem su kukci čuvani, a koja utječe na bržu stopu rasta te samim time veći broj presvlačenja. Broj ličinka koje su dovršile razvoj do kukuljice najveći je pri ishrani kukuruznim brašnom, a potom pri ishrani pšeničnim brašnom i zobenim pahuljicama. Zanimljivo je da ni jedna ličinka koja se hranila jabukama nije dovršila razvoj do kukuljice iako su na jabukama ličinke imale najveću početnu težinu što može ukazati na to da su bile u najnaprednijem razvojnom stadiju. Razlog je vjerojatno u činjenici da jabuka ipak ne predstavlja pogodnu hranu za ličinke brašnara. Slične podatke da pri ishrani nepovoljnim domaćinom gusjenice borovog četnjaka ne mogu uspješno dovršiti razvoj navode i Hodar i sur. (2002).

Utvrđen je signifikantan utjecaj vrste hrane na sadržaj suhe tvari u brašnu proizvedenom od ličinka koji iznosi, ovisno o vrsti hrane, od 32,5 do 50,9 % (Slika 3.a). Najviše suhe tvari imaju ličinke hranjene pšeničnim brašnom, a najmanje one hranjene jabukom. U literaturi nema podataka o sadržaju suhe tvari u ličinkama brašnara, no očigledno je da je iznad 40 % suhe tvari u ličinkama visok sadržaj jer neke druge ličinke (primjerice ličinke crne vojničke muhe, *Hermetia illucens* L.) sadrže oko 18 % suhe tvari (Al-Qazzaz i sur., 2016). Sadržaj pepela u ličinkama varira i kreće se od 1,1 do 1,8 % na suhu tvar (Slika 3.b).

Budući da se kukci smatraju važnim izvorom proteina, upravo je sadržaj proteina najvažniji parametar koji dokazuje hranidbenu vrijednost brašna nakon ishrane ličinka različitim vrstama hrane. Prema rezultatima sadržaj proteina kreće se od 17,2 do 28,6 % u odnosu na suhu tvar. Kada bi se to

preračunalo u svježi uzorak, ova bi vrijednost za najbolju varijantu, pšenično brašno, bila oko 57 %, što je nešto više od navoda Bovera i sur. (2015) o sadržaju proteina između 47 i 53 %. Nešto je niži, ali još uvijek visok, sadržaj proteina (Slika 3.c) ustanovljen u brašnu ličinka hranjenih zobnim pahuljicama (26,4 % na suhu tvar uz 45 % suhe tvari). Sadržaj sirovih masti najviši je u brašnu ličinka hranjenih kukuruznim brašnom, ali je i u brašnu ličinka hranjenih pšeničnim brašnom i zobnim pahuljicama također dosta visok te značajno viši nego u brašnu ličinka hranjenih jabukama (Slika 3.d). Osim proteina, druga najveća sastavnica brašnara jesu masti. S ovako velikom količinom masti brašnari bi mogli biti njihov potencijalni izvor. Omjer sadržaja vlakana (Slika 3.e) obrnuto je proporcionalan sadržaju šećera (Slika 3.f). Ovakav primjer najbolje prikazuje analiza brašna dobivena ishranom brašnara na zobnim pahuljicama gdje takvo brašno sadrži niske razine vlakana, u odnosu na ostale podloge, a ističe se većim sadržajem šećera. Ovakav bi se rezultat mogao objasniti slabim porastom težine ličinka hranjenih zobnim pahuljicama tijekom cijelog pokusa (Slika 1.). Brašno ličinka hranjenih jabukama ima najmanje i šećera od brašna ličinka hranjenih ostalim vrstama hrane.

Ako se promatra kvalitativni sastav brašna, rezultati pokazuju da je jabuka najmanje pogodna hrana za ličinke brašnara. Ostale tri vrste hrane razlikuju se prema negativnom utjecaju na ličinke (mortalitet ličinka), dok su odstupanja u kvalitativnom sastavu, iako prisutna, nešto manja. Provedeno je istraživanje pokazalo da razlike u kvalitativnom sastavu ovise o vrsti hrane što omogućuje da se ovisno o cilju uzgoja (veći sadržaj proteina, veći sadržaj masti, šećera ili vlakana) odabere ona vrsta hrane koja rezultira najvišim sadržajem ciljanoga sastojka.

Prema istraživanju Bragd (2017) veliki se brašnar smatra alternativnim i održivim izvorom proteina životinjskog podrijetla. Svjetska je populacija u porastu i vjeruje se da će se taj broj do 2050. popeti do 9 milijarda, a zahtjevi za proteinima porasti. Među jestivim kukcima veliki je brašnar jedan od najčešće uzgajanih u Europi. Valja istaknuti da nije samo hrana presudna za nutritivni sastav brašna ličinka, odnosno na njega mogu utjecati i ostali uvjeti poput temperature, vlažnosti i razvojnog stadija brašnara. Činjenica je da su sve varijante u pokusu uzgajane u istim uvjetima, a da je drugi čimbenik koji je varirao u pokusu bio razvojni stadij ličinka s kojim je istraživanje započelo. Naime ličinke su kod postavljanja pokusa imale različitu tjelesnu težinu, stoga se ne može procijeniti do koje je mjere razvojni stadij utjecao na rezultate. Sve navedeno traži daljnja istraživanja u tom smjeru.

ZAKLJUČCI

Vrsta hrane kojom se hrane ličinke brašnara utječe na parametre razvoja ličinka i na kvalitativni sastav brašna dobivenog njihovom preradom. U provedenom istraživanju ishrana ličinka jabukom rezultirala je najvećim

mortalitetom, a preživjele ličinke najmanje su se puta presvlačile i nisu dovršile razvoj do kukuljice. Istovremeno je brašno dobiveno od tih ličinka imalo lošiji kvalitativni sastav, sadržaj suhe tvari bio je manji, a isto tako i sadržaj proteina, masti, šećera i vlakana. Najbolje preživljavanje pokazale su ličinke koje su hranjene zobnim pahuljicama. One su se i najviše puta presvlačile, dok je broj kukuljica bio nešto niži. Kvalitativni sastav brašna od ličinka hranjenih zobnim pahuljicama bio je zadovoljavajući. U nekim je parametrima (sadržaj šećera) bio viši od brašna ličinka hranjenih kukuruznim i pšeničnim brašnom, a u nekim parametrima bio je niži (sadržaj suhe tvari, sadržaj proteina i masti). Razvojne osobine ličinka hranjenih kukuruznim i pšeničnim brašnom prema većini vrijednosti jesu između onih ustanovljenih kod ličinka hranjenih zobnim pahuljicama i ličinka hranjenih jabukom. Preživljavanje ličinka hranjenih kukuruznim brašnom slabije je, no broj svlakova veći je nego kod ličinka hranjenih pšeničnim brašnom. Kvalitativni sastav brašna od ličinka hranjenih kukuruznim i pšeničnim brašnom zadovoljavajući je, ovisno o parametrima postoje izvjesna odstupanja. No može se zaključiti da su obje vrste brašna zadovoljavajuća hrana za ličinke. Zobene pahuljice, pšenično i kukuruzno brašno trebaju se upotrebljavati u komercijalnom uzgoju ličinka, dok se jabuka ne može preporučiti. Odabir vrste hrane treba se zasnivati na ekonomskim parametrima koje bi trebalo utvrditi/ustanoviti za svaku vrstu hrane te na posebnim zahtjevima za kvalitetu gotovog proizvoda.

ZAHVALA

Zahvaljujemo djelatnicima laboratorija Zavoda za hranidbu životinja Agronomskog fakulteta u Zagrebu na svim provedenim analizama.

LITERATURA

AGUILAR-MIRANDA, E.D., LOPEZ, M.G., ESCAMILLA-SANTANA, C., DE LA ROSA, B.A.P. (2002). Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. J. Agri. and F. Chem. Vol. 50: 192–195. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11754566> (Pristupljeno 16. ožujka 2018.)

AL-QAZZAZ, M.F.A., DAHLAN, I., AKIT, H., IDRIS, L.H. (2016). Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. R. Bras. Zootech., Vol. 45, 9: 518-523.

ALVES, A.V., SANJINEZ-ARGANDOÑA, E.J., LINZMEIER, A.M., LIMA CARDOSO, C.A., RODRIGUES MACEDO, M.L. (2016). Food Value of Mealworm Grown on *Acrocomia aculeata* Pulp Flour. PLoS ONE 11(3): e0151275. doi:10.1371/journal.pone.0151275

AWMACK, C.S., LEATHER, S.R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. Ann. Rev. of Entom. 47, 817– 844.

BOVERA, F., PICCOLO G., GASCO L., MARONO S., LOPONTE R., VASSALOTTI G., MASTELLONE V., LOMBARDI P., ATTIA Y.A., NIZZA A. (2015). Yellow mealworms larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as possible alternative to soybean meal in growing broiler diet.

BR. Polut. Sci.. Vol. 56: 569–575. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26247227> (Pristupljeno 16. ožujka 2018.)

BRAGD, U. (2017). The yellow mealworm *Tenebrio molitor*, a potential source of food lipids. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Molecular Sciences, Independent project in Biology- bachelor project, 16. https://stud.epsilon.slu.se/12774/1/bragd_u_171019.pdf (Pristupljeno 02. svibnja 2018.)

EFSA (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. Scientific Opinion. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4257> . (Pristupljeno 4. travnja 2018.)

FAO (2009). How to Feed the World in 2050. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf (Pristupljeno 6. travnja 2018.)

GAHUKAR, R.T. (2016). Edible insects farming: Efficiency and impact on family livelihood, food security, and environment compared with livestock and crops. U: *Insects as Sustainable Food Ingredients*. (ur. Dossey, A.T., Morales-Ramos, J.A., Rojas, G.), Elsevier, DOI: 10.1016/b978-0-12-802856-8.00004-1: 85-111.

GYLLING DATA MANAGEMENT (2019). ARM 9® GDM software, Revision 2019.3 June 21 2019 (B=20412) Brookings, South Dakota, USA

HODAR, J.A., ZAMORA, R., CASTRO, J. (2002). Host utilisation by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three *Pinus* species. *Ecol. Entom.* Vol. 27: 292-301.

HRN ISO 6496:2001,(ISO 6496:1999). Stočna hrana- Određivanje vode i udjela drugih hlapljivih tvari

HRN ISO 5984:2004en (ISO 5984:2002). Stočna hrana- Određivanje pepela

HRN EN ISO 6865:2001en (ISO 6865:2000. Stočna hrana - Određivanje udjela sirovih vlakana – Metoda s intermedijarnom filtracijom

HRN ISO 6492:2001en (ISO 6496:1999). Stočna hrana- Određivanje udjela masti

HRN EN ISO 5983-2:2010en. Stočna hrana - Određivanje količine dušika i izračunavanje količine sirovih proteina 2.dio:razaranje u bloku/metoda destilacije parom. 2 Application note, The determination of nitrogen according to Kjeldahl using block digestion and steam distillation, AN 300, Foss Tecator, 2000.

IGRC BARČIĆ, J., BAŽOK, R., (2004). The influence of different food sources on the life parameters of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae). *Razprave IV. Razreda SAZU, XLV-1: 75-85*

IPIFF (2018). The European insect sector today: challenges, opportunities and regulatory landscape. http://ipiff.org/wp-content/uploads/2018/11/Web-version_IPIFF_Sustainability-consult_Brochure-31-10-1.pdf. (Pristupljeno 28. ožujka 2019.)

JOHNSON, D.V. (2010). The contribution of edible forest insects to human nutrition and to forest management. U: *Forest insects as food: humans bite back* (ur. Durst i sur.). *Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development: 5-25.* FAO. <http://www.wachstumsforum.ch/agri/e/forest-insects-as-food-fao-i1380e00.pdf> (Pristupljeno 02. svibnja 2018.)

JONGEMA, Y. (2012). List of edible insects of the world. <http://www.ent.wur.nl/UK/Edible+insects/Worldwide+species+list/> (Pristupljeno 21. ožujka 2018.)

KOURIMSKA, L., ADAMKOVA, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects, *NFS Journal*. Vol. 4: 22-26. <https://www.journals.elsevier.com/nfs-journal> (Pristupljeno 5. travnja 2018.)

MACELJSKI, M. (2002). *Poljoprivredna entomologija*. Zrinski d.d., Čakovec

MAKKAR, H.P.S., TRAN, G., HEUZÉ, V., ANKERS, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as ani-mal feed. Anim. Feed. Sci. Tech. Vol. 197: 1-33. <http://www.fao.org/3/a-au189e.pdf> (Pristupljeno 2. travnja 2018.)

MOREAU, J., BENREY, B., THIERY, D. (2006). Assessing larval food quality for phytophagous insects: are the facts as simple as they appear? Funct. Ecol. Vol. 20: 592–600.

NELSON, N. (1944). A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. J. Biol. Chemistr. 153: 375-380.

OONINCX, D.G.A.B., VAN ITTERBEECK, J., HEETKAMP, M.J.W., VAN DEN BRAND, H., VAN LOON, J.J.A., VAN HUIS, A. (2010). An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. PLoS ONE 5(12): e14445. doi:10.1371/journal.pone.0014445

PAUL, A., FREDERICH, M., MEGIDO, R.C., ALABI, T., MALIK, P., UYTENBROECK, R., FRANCIS, F., BLECKER, C., HAUBRUGE, E., LOGNAY, G., DANTHINE, S. (2017). Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. J. Asia-Pac. Entomol. Vol. 20, 2: 337-340. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226861516305052> (Pristupljeno 17. ožujka 2018.)

PAYNE, C. L. R., SCARBOROUGH, P., RAYNER, M., NONAKA, K. (2016). Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. Eur. J. Clin. Nutr. Mar; 70 ,3: 285–291. doi: 10.1038/ejcn.2015. (Pristupljeno 3. ožujka 2018.)

PETRIĆ, J., GROSS BOŠKOVIĆ, A., HENGL, B. (2015). Kukci kao proteinska komponenta u hranidbi peradi. Krmiva Vol. 57, 1: 37-45. <https://hrcak.srce.hr/160853> (Pristupljeno 25. ožujka 2018.)

PREMALATHA, M., ABBASI, T., ABBASI, T, ABBASI, S.A. (2011). Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: the use of edible insects. Renew. Sust. Energ. Rev. Vol. 15, 9: 4357-4360.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111003625> (Pristupljeno 28. ožujka 2018.)

RANDALL, L. F., MACKAY, R.J. (1981). Effects of food quality on the growth of three *Hydropsyche* species (Trichoptera: Hydropsychidae). Can. J. Zool. Vol. 59, 6: 1133-1140. SIEMIANOWSKA, E., KOSEWSKA, A., ALJEWICZ, M., SKIBNIEWSKA, S.A., POLAK-JUSZCZAK, L., JAROCKI, A., JĘDRAS, M. (2013). Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. Agricultural Sciences. Vol. 4, 6: 287-291. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2013.46041> (Pristupljeno 5. travnja 2018.)

SOMOGY, M. (1937). A reagent for the copper-iodometric determination of very small amounts of sugar. J. Biol. Chemistr. 117: 771-776.

VAN HUIS, A., OONINCX, D.G.A.B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. Agr. Sust. Develop. Vol. 37, 5: 43. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13593-017-0452-8#citeas> (Pristupljeno 21. ožujka 2018.)

VAN HUIS, A., VAN ITTERBEECK, J., KLUNDER, H., MERTENS, E., HALLORAN, A., MUIRAND, G., VANTOMME, P. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf> (Pristupljeno 3. ožujka 2018.)