

»59. srečanja mladih raziskovalcev Slovenije 2025«

**VPLIV VRSTE PREHRANE NA RAST LIČINK
RUMENEGA MOKARJA**

Raziskovalno področje: Biologija

Raziskovalna naloga

Avtorja: Til Turk in Ela Brecej

Mentorja: Katja Holnthaner Zorec, Luka Praprotnik

II. gimnazija Maribor

Maribor, februar 2025

Vsebina

Povzetek	III
Zahvala	IV
1 Uvod	1
1.1 Opredelitev področja in problema naloge	1
2 Teoretično ozadje raziskovalne naloge	4
2.1 Beljakovine.....	4
2.2 Žuželke v prehrani.....	4
2.3 Rumeni mokaar (<i>Tenebrio molitor</i>)	7
2.3.1 Značilnosti rumenega mokaarja	7
2.3.2 Življenjski cikel rumenega mokaarja.....	7
2.3.3 Gojenje rumenih mokaarjev	10
2.3.4 Prehrana rumenih mokaarjev	12
3 Namen in cilji	13
3.1 Opredelitev hipotez	13
4 Metodologija praktičnega raziskovanja.....	14
4.1 Pripomočki	14
4.2 Metoda dela	14
4.2.1 Priprava gojišč.....	14
4.2.2 Potek poskusa	15
5 Rezultati in interpretacija	17
6 Sklep.....	22
7 Družbena odgovornost, trajnost in napredek.....	23
8 Viri in literatura.....	25

Kazalo slik

Slika 1: Osnovni prikaz življenjskega cikla rumenega mokařja (Syahrulawal idr., 2023)	9
Slika 2: Podrobnejši prikaz življenjskega cikla rumenega mokařja (DS Reptiles, 2022)	10
Slika 3: Prikaz pozitivnega vpliva mokařjevih iztrebkov na rastline in tla (Zunzunegui idr., 2024).....	11
Slika 4: Štetje mokařjev v šolskem laboratoriju (Lastna raziskava, 2024)	16
Slika 5: Gojišče v šolskem laboratoriju (Lastna raziskava, 2024)	16

Kazalo grafov

Graf 1: Odstotek spremembe povprečne mase posameznega mokařja (Lastna raziskava, 2024)	17
Graf 2: Umrljivost ličink v posamezni prehranski skupini (Lastna raziskava, 2024)	18

Kazalo tabel

Tabela 1: Podatki o hranilni sestavi substratov uporabljenih v poskusu. (Deklaracije na embalaži prehrabnih izdelkov, n. d.).....	19
---	----

POVZETEK

Zagotovitev zadostne količine hrane za naraščajočo človeško populacijo postaja globalni problem. Potrebno je poiskati alternativne vire beljakovin. Ena od potencialnih alternativ so beljakovine pridobljene iz žuželk. Rumeni moka je prva žuželka, ki jo je Evropska unija odobrila kot novo živilo. Pojavljajo se vprašanja o najučinkovitejšem načinu gojenja te žuželke. Z raziskovalno nalogo smo želeli preučiti vpliv različne prehrane z različno vsebnostjo beljakovin na rast oziroma prirastek mase ličink rumenih moka. Ličinke moka smo razdelili v tri skupine, ki smo jih hranili z različno vrsto substrata. Prvo skupino smo hranili s substratom, ki je vseboval največji delež beljakovin, drugo in tretjo skupino pa smo hranili s substratom z večjo vsebnostjo ogljikovih hidratov in z manj beljakovin. Pri skupini moka, hranjenih z beljakovinsko hrano, se je pokazal trend hitrejšega pridobivanja mase v primerjavi s skupino, hranjeno s hrano, ki je vsebovala manj beljakovin. Na podlagi pridobljenih rezultatov, zaradi majhnega vzorca, ne moremo z gotovostjo trditi, da ena vrsta hrane bolj vpliva na rast moka kot druga. Potrebne so še dodatne raziskave v tej smeri.

Zahvala

Zahvaljujema se mentorjema za spodbudo, usmerjanje, nasvete in prav tako dobronamerne kritike skozi celotno raziskovanje. Prav tako se zahvaljujema profesorjem, razredniku, sošolkam in sošolcem, ki so nama stali ob strani, ko sva potrebovala njihovo pomoč. In prav tako hvala staršem za njihovo podporo in nasvete.

Brez njihove pomoči nama ne bi uspelo.

1 UVOD

1.1 Opredelitev področja in problema naloge

Zagotovitev zadostne količine hrane za naraščajočo človeško populacijo postaja globalni problem.

Po podatkih Združenih narodov bi naj svetovno prebivalstvo do leta 2030 doseglo številko 8,5 milijarde, leta 2050 9,7 milijarde in leta 2100 11,2 milijarde ljudi (UN¹, 2015).

S pričakovanim globalnim demografskim naraščanjem se bodo povečale potrebe po hrani, zlasti po beljakovinah živalskega izvora (Errico idr., 2022).

Zaradi naraščajočega svetovnega prebivalstva, vse bolj zahtevnih potrošnikov in omejene količine kmetijskih zemljišč je potrebno mesnim izdelkom poiskati alternative. Potrebno je zmanjšati uživanje mesa in poiskati alternativne vire beljakovin (Van Huis idr., 2017).

Prav tako ocenjujejo, da bo do leta 2030 približno 600 milijonov ljudi po vsem svetu kronično podhranjenih (FAO², 2023).

Henchion idr. (2017) ugotavljajo, da bo povečano povprašanje po beljakovinah živalskega izvora negativno vplivalo na okolje. Obstoječi viri beljakovin niso povezani le z negativnimi vplivi na okolje, temveč tudi z negativnimi vplivi na zdravje. Alternativnim virom beljakovin bo potrebno nameniti dodatno pozornost z vidika proizvodnih stroškov, varnosti hrane in sprejemanja le teh s strani potrošnikov.

¹ UN (United Nations) – Združeni narodi

² FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) – Organizacija Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo

Med alternativnimi viri beljakovin je v zadnjem času pritegnilo veliko pozornosti uživanje žuželk (entomofagija), tako iz zdravstvenih, okoljskih in gospodarskih razlogov (Basak idr., 2022).

Žuželke so del človeške prehrane že tisočletja. Skozi zgodovino je bila entomofagija praksa v mnogih kulturah, zlasti v delih Afrike, Azije, Latinske Amerike in Oceanije. V nekaterih družbah žuželke veljajo za poslastico, marsikje po svetu pa se entomofagija sooča s kulturno in družbeno stigmo. Odnos med žuželkami in človekom je bil skozi zgodovino vedno kompleksen (Olivadese idr., 2023).

V nasprotju s tropskimi deželami, kjer se večina od 2000 užitnih vrst žuželk tradicionalno uživa, je koncept prehranjevanja z žuželkami pri nas nov (Toti idr., 2020).

Užitne žuželke vsebujejo beljakovine, maščobe, minerale, vitamine in vlaknine. V primerjavi z živinorejo žuželke oddajajo relativno malo toplogrednih plinov in malo amoniaka ter potrebujejo bistveno manj zemlje in vode (Basak idr., 2022).

Evropska komisija je na podlagi pozitivnega mnenja Evropske agencije za varnost hrane EFSA³) izdala pozitivno mnenje o primernosti ličinke rumenega mokaarja (*Tenebrio molitor*) kot novem živilu. Pozitivno mnenje je EFSA objavila novembra 2020, v skladu z Uredbo (EU) 2015/2283. Gre za ličinko rumenega mokaarja, ki je toplotno obdelana in posušena cela ličinka ali zmleta v prah/moko (European Commission⁴, 2021).

Po odobritvi rumenega mokaarja kot živila je Rafael Perez Berbejal, vodja ekipe za nova živila pri GD SANTE⁵ povedal: “Nova živila se lahko odobrijo le, če ne predstavljajo tveganja za zdravje ljudi. Poudariti moram, da za novo odobrena živila veljajo pravila EU o označevanju

³ EFSA (European Food Safety Agency) - Evropska agencija za varnost hrane

⁴European Commission - Evropska komisija

⁵ DG SANTE (Directorate-General for Health and Food Safety) - Direktorat za zdravje in varnost hrane pri Evropski komisiji

alergenov. Osebe z alergijami se tako lahko lažje odločijo za nakupe in izognejo proizvodom s sestavinami, na katere so občutljivi.” Po mnenju Pereza se bodo potrošniki sami odločili, ali bodo žuželke jedli ali ne (European Commission, 2023).

2 TEORETIČNO OZADJE RAZISKOVALNE NALOGE

Opredelimo temeljne pojme raziskovalne naloge.

2.1 Beljakovine

Beljakovine so organske molekule, ki tvorijo okoli 60 odstotkov suhe snovi v naših celicah. Od drugih organskih molekul, ogljikovih hidratov in maščob, se razlikujejo po tem, da vsebujejo poleg vodika in ogljika še dušik. Celica uspe ustvariti določeno beljakovino, če ima zanj dovolj aminokislin. Nekaj tipov aminokislin je človeški organizem sposoben ustvariti sam, druge mora pridobiti s hrano. Te so esencialne aminokisljine. Beljakovinska živila živalskega izvora imajo primernejšo sestavo esencialnih aminokislin za človekove potrebe in zato boljši izkoristek le teh v primerjavi z živilom rastlinskega izvora. Beljakovine so torej zelo pomemben del naše prehrane (Osan, 2012). Dnevno potrebujemo od 0,8 g do 1 g beljakovin na 1 kg telesne mase. Starejši, otroci in nosečnice potrebujejo več beljakovin (Kodele idr., 1997).

2.2 Žuželke v prehrani

Število užitnih žuželk po svetu narašča. Po javno dostopnih podatkih ljudje najpogosteje uživajo naslednje žuželke: hrošče (*Coleoptera*) (31 %), gosenice (*Lepidoptera*) (18 %), čebele, ose in mravlje (*Hymenoptera*) (14 %). Tem sledijo kobilice in črički (*Orthoptera*) (13%), kljunasti črvi, npr. škržati, stenice in rastlinske uši (*Hemiptera*) (10 %), termiti (*Isoptera*) (3 %), kačji pastirji (*Odonata*) (3 %), mušnice (*Diptera*) (2 %) in druge vrste (5 %) (FAO, 2013).

Med nekonvencionalnimi viri beljakovin so žuželke edinstven in učinkovit vir beljakovin, s katerim bi lahko zagotavljali globalno prehransko varnost (Sharma idr., 2024).

V tropskih državah so žuželke vključene v prehrano ljudi in se pobirajo v naravi. Vendar je zaradi spremembe habitatov in onesnaževanja okolja ta vir ogrožen (Van Huis idr., 2017). V zahodnih državah užitne žuželke gojijo, zaradi kulturnih predsodkov pa imajo večji potencial kot krma za živali kot pa hrana za ljudi (Kim idr., 2019).

Van Haus je na vprašanje, ali so evropski potrošniki pripravljene na žuželke kot prehrano in kako se je mogoče spopasti s to nenaklonjenostjo povedal: » *Na začetku je potrebno uporabo žuželk nekoliko prikriti, na primer z zamenjavo soje v človeški hrani z beljakovinami iz žuželk. Podjetja, ki proizvajajo te beljakovine, insekte dehidrirajo, dekontaminirajo in zmeljejo, nato pa živlom dodajo. Tako ljudje končnega živila ne povezujejo z žuželkami, kar je velika prednost. Kar zadeva potrošnika je najbolje, da izdelek prikrijete ali naredite v javnosti neprepoznavnega, razen za nekonvencionalne sladokusce, ki želijo žuželko videti. Tako sem pred nekaj leti skupaj z drugimi napisal kuharsko knjigo, ki jo je izdala Columbia University Press – imenuje se *The Insect Cookbook*. Potrebno si je pridobiti tudi podporo vplivnežev. Če bi bile na primer žuželke uporabljene v priljubljeni televizijski kuharski oddaji, kot je *The Great British Bake-off*, bi se odnos hitro spremenil.*« (Van Haus, 2024).

Vsebnost beljakovin pri žuželkah je odvisna predvsem od vrste prehrane in stopnje njihove preobrazbe (Lange idr., 2021). Žuželke nimajo le visoke beljakovinske vrednosti, temveč vsebujejo tudi polisaharid hitin, ki je slabo prebavljiv. Vrednost hitina je visoka v odrasli dobi, zato se za prehrano uporabljajo le ličinke, odrasle žuželke so za prehrano neuporabne (Munoz-Sijas idr., 2024).

Rumeni mokaar (*Tenebrio molitor*) je prva žuželka, ki jo je Evropska agencija za varno hrano odobrila kot novo živilo (Errico idr., 2021). Rumeni mokaar v povprečju vsebuje 45 odstotkov beljakovin in 35 odstotkov maščob.

Povprečne hranilne vrednosti ličink mokaarjev na 100 g (cel, liofiliziran⁶) znašajo (Insektenwirtschaft, n.d.):

- Energijska vrednost: 539 kcal / 2228 kJ
- Maščobe: 35,2g

od tega nasičene maščobne kisline: 13,1 g

- Ogljikovi hidrati: 7,5g

od tega sladkor: 0,0 g

⁶ Liofiliziran –Liofilizirati: sušiti zamrznjeno živilo v vakumu pri zmerni temperaturi.

- Beljakovine: 45,1 g
- Sol: 0,40g

Po odločitvi Evropske komisije, da leta 2021 mokaarja odobri kot novo živilo, je Rafael Perez Berbejal, vodja ekipe za nova živila v GD SANTE, o spremembah evropske zakonodaje na področju prehrane in trenutnem stanju na tem področju povedal: *“Po prelomni odločitvi je Komisija sprejela pravni akt, s katerim je prosilcem za dovoljenje omogočila, da lahko dajo izdelek na trg EU. Za vsako odobreno žuželko je Evropska agencija za varnost hrane (EFSA) izvedla strogo znanstveno oceno, v kateri so bili upoštevani vsi razpoložljivi znanstveni dokazi, države članice pa so Komisiji dale zeleno luč, ki bo nosilec živilske dejavnosti, ki so zaprosili za te odobritve, omogočila dajanje proizvodov na trg EU. V prihodnosti lahko zanesljivo rečemo, da imamo trden regulativni okvir za odobritev tovrstnih proizvodov pred dajanjem na trg, ki omogoča inovacije na področju živil, hkrati pa zagotavlja varnost hrane in spodbuja notranji trg. Pričakuje se, da bodo vrste žuželk, odobrene v skladu z uredbo o novih živilih, postale vse bolj prisoten in pomemben vir alternativnih beljakovin v naši prehrani.”*

Evropska komisija je izdala štiri dovoljenja za trženje različnih žuželk v prehrani na celotnem evropskem trgu in sicer za (ZPS, 2023):

- predelane in posušene ličinke mokaarja - *Tenebrio molitor*,
- zamrznjene, posušene in v prah zmlete kobilice – *Locusta migratoria*,
- celi toplotno obdelani in zamrznjeni, posušeni in praškasti ter razmaščeni prah hišnih murnov (čriček) – *Acheta domesticus*
- zamrznjene, v obliki paste, posušene in v prahu ličinke malega mokaarja- *Alphitobius diaperinus*.

Žuželke so usmrčene s toplotno obdelavo ali pa z zamrzovanjem, pred tem pa se morajo 24 ur postiti (ZPS, 2023).

Zveza potrošnikov Slovenije (ZPS) je po evropski izdaji dovoljenja za uporabo žuželk v prehrani na svoji spletni strani zapisala: *»Pri dovoljenih oblikah žuželk, ki se bodo prodajale v predpakirani obliki, morajo biti te označene, tako kot oblike kot s polnimi navadnimi in latinskimi imeni žuželk. Tudi v primeru, ko bodo žuželke dodane (kot sestavina) v predelana živila, bodo morale biti obvezno navedene med sestavinami. Dodaja se jih lahko pekovskim izdelkom, slaščicam, testeninam in različnim prigrizkom v prašni obliki.«*

2.3 Rumeni mokař (*Tenebrio molitor*)

Rumeni mokař spada med hrošče, v skupino črnivcev (*Tenebrionidae*). Človek ga je nehote razširil po vsem svetu. Pojavlja se povsod, kjer je žito in njegovi proizvodi. Na živilih napravi občutno škodo (Ocepek idr., 1991)

2.3.1 Značilnosti rumenega mokařja

Telo odraslega mokařja je črne barve, sestavljeno iz treh glavnih delov: glave, oprsja in zadka. Na glavi se nahajajo tipalnice, sestavljene oči in ustni aparat za grizenje. Oprsje je sestavljeno iz treh segmentov, od katerih vsak nosi par nog. Na drugem in tretjem segmentu oprsja se nahajata para kril. Zgornji par kril (pokrovke) je trd in ščiti spodnji, membranasti par kril, ki se uporabljajo za letenje. Zadek je sestavljen iz več segmentov in vsebuje večino prebavnega ter reproduktivnega sistema (Reinke-Nobbe, n. d.).

2.3.2 Življenjski cikel rumenega mokařja

Celoten življenjski cikel mokařja vključuje štiri faze (Khanal idr., 2023):

- jajčece,
- ličinko,
- buba,
- odraslega hrošča.

Dolžina vsake faze je odvisna od okoljskih pogojev, kot so temperatura, vlažnost, dostopnost in vrsta hrane, fotoperioda, kisik in gostota populacije (Ribeiro idr., 2018). V naravi traja življenjski cikel mokařja eno leto (Ocepek idr., 1991).

2.3.2.1 Jajčece

Samice odložijo do 160 približno 2 mm dolgih jajčec. Ta so bele barve, pokrita z lepljivim izločkom (Ocepek idr., 1991). Zaradi prahu in nečistoč postanejo rumenkasta (BiologyWise, n.d.). Iz jajčec se v dveh do treh tednih izležejo drobne belkaste ličinke, ki v nekaj dneh dobijo značilno rumeno rjavo barvo. Ličinke so pokrite s trdim hitinom⁷ (Ocepek idr., 1991). Stadij ličinke je najdaljši in lahko traja od 57 dni (pod nadzorovanimi pogoji) do 2. let, če so izpostavljene nizkim temperaturam (Ribeiro idr., 2018, Hong idr., 2020, Gkinali idr., 2021).

2.3.2.2 Ličinka

Iz jajčec se v dveh do treh tednih izležejo drobne belkaste ličinke. Te v nekaj dneh dobijo značilno rumeno rjavo barvo. Ličinke so pokrite s trdim hitinom (Ocepek idr., 1991). Ličinka ima črvasto obliko, leze in se prehranjuje z vegetacijo ali mrtvimi žuželkami. V tej fazi pride do levitve ali odpadanja njegovega zunanega ogrodja (eksoskeleta), ki je videti kot suhe luske. Levitev se nadaljuje dokler ličinka ne zraste prevelika za svoj eksoskelet. Mocar nato oklep odvrže in se zvije v bubo. V fazi ličinke je življenjska doba mocarja približno od 90 do 115 dni (BiologyWise, n.d.). V tem času se lahko ličinke levijo od 9 do 23 krat (Ribeiro idr., 2018).

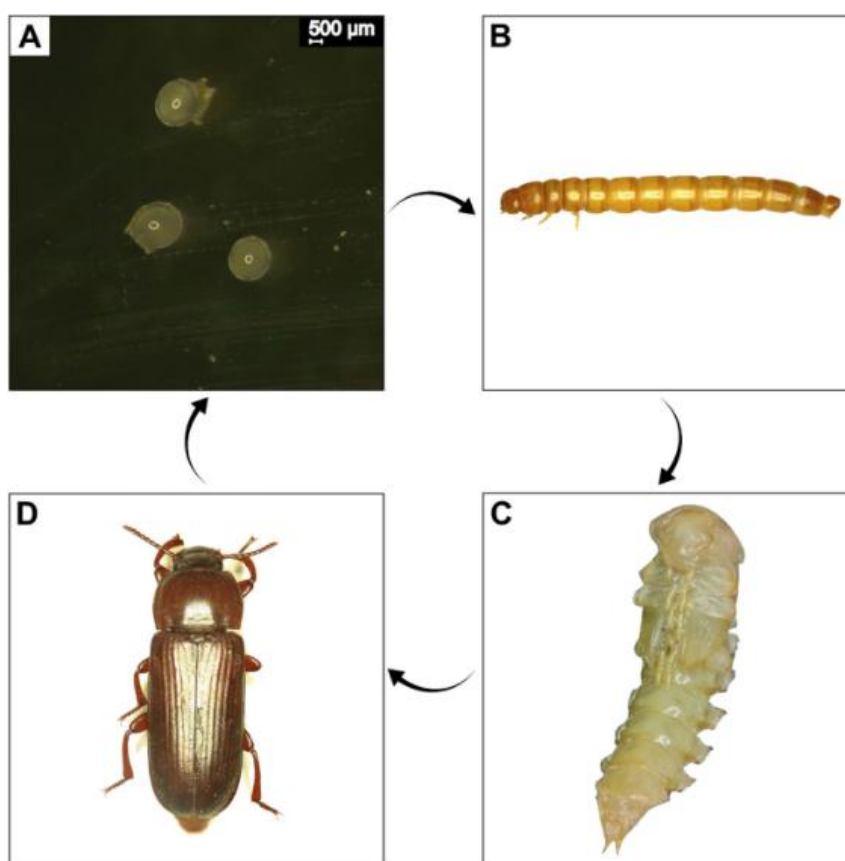
2.3.2.3 Buba

Bube imajo gibljiv zadek. V začetku so bele in mehke, kasneje potemnije in otrdijo (Ocepek idr., 1991). Faza bube je od vseh razvojnih stopenj najkrajša in traja od 5 do 48 dni, odvisno od temperature (Gkinali idr., 2022). Če so razmere ugodne in je temperatura primerna, je faza bube krajša, pri nižjih temperaturah pa lahko ta faza traja nekaj mesecev. Buba se ne prehranjuje in se zdi neaktivna, vendar se v njej dogaja več sprememb. Zadnji del bube je gibljiv, postopoma razvija tog eksoskelet (BiologyWise, n.d.).

⁷ Hitin – je velik, strukturni polisaharid, narejen iz verig modificirane glukoze. Hitin najdemo v eksoskeletih žuželk, celičnih stenah gliv in nekaterih trdih strukturah pri nevretenčarjih in ribah (Biology Dictionary, 2017).

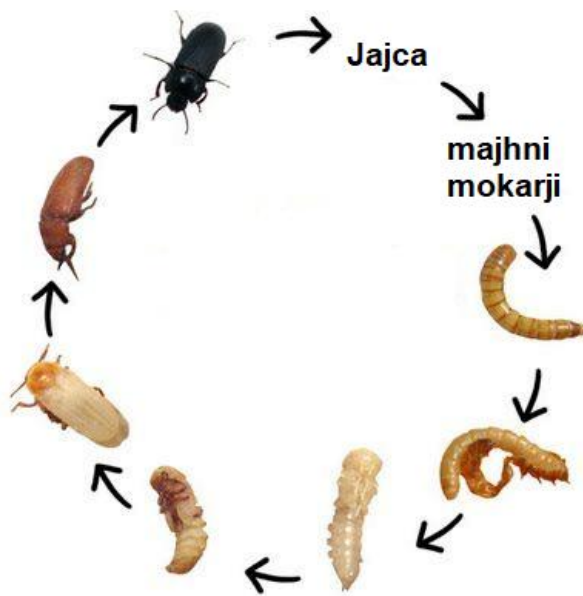
2.3.2.4 Hrošč

Odrasli osebki spolno dozori in merijo od 14 do 16 mm (Ocepek idr., 1991). Ta stopnja lahko traja od 2 do 3 mesecev (Hong idr., 2020). Hrošč je najprej belo obarvan in ima temna krila. Sčasoma, ko hitinjača otrdi, postane rjav in nato črn. To je najbolj aktivna faza te vrste žuželk. Hrošč lahko v tej fazi zelo hitro teče in tudi ugrizne (BiologyWise, n.d.).



Slika 1:

Osnovni prikaz življenjskega cikla rumenega mokaarja
(Syahrulawal idr., 2023)



Slika 2:

Podrobnejši prikaz življenjskega cikla rumenega molarja
(DS Reptiles, 2022)

2.3.3 Gojenje rumenih molarjev

Rumeni molar se lahko uporablja kot hrana ali kot krmni vir ali dodatek. Zaradi njegovega življenjskega cikla in relativne enostavnosti vzreje je primeren za množično proizvodnjo za takšne namene (Ribeiro idr., 2018). Industrija pridelave rumenega molarja je ena najbolj obetavnih in najhitreje rastočih vrst v industriji gojenja užitnih žuželk (Toviho idr., 2022). Pri proizvodnji imajo pomembno vlogo okoljski pogoji. Ličinke molarjev so živali z nestalno telesno temperaturo, saj so presnovne funkcije odvisne od okoljske toplote. Temperatura je kritičen okoljski dejavnik, ki lahko vpliva na rast in prehranski profil. Optimalna temperatura za gojenje naj bi bila med 25–28 stopinjami Celzija, medtem ko je optimalna relativna vlažnost za njihovo gojenje 60–75 odstotkov (Ribeiro idr., 2018).

Na hranilne vrednosti molarjev lahko vpliva več dejavnikov, zato ohranjanje in celo izboljšanje hranilne vrednosti molarjev ostaja ključna skrb v sektorju njihove proizvodnje. To zahteva razumevanje in uporabo znanja z več vidikov, vključno z metamorfozo, prehranskimi navadami, prebavno fiziologijo in povezanimi biokemičnimi potmi rumenih molarjev. Poleg

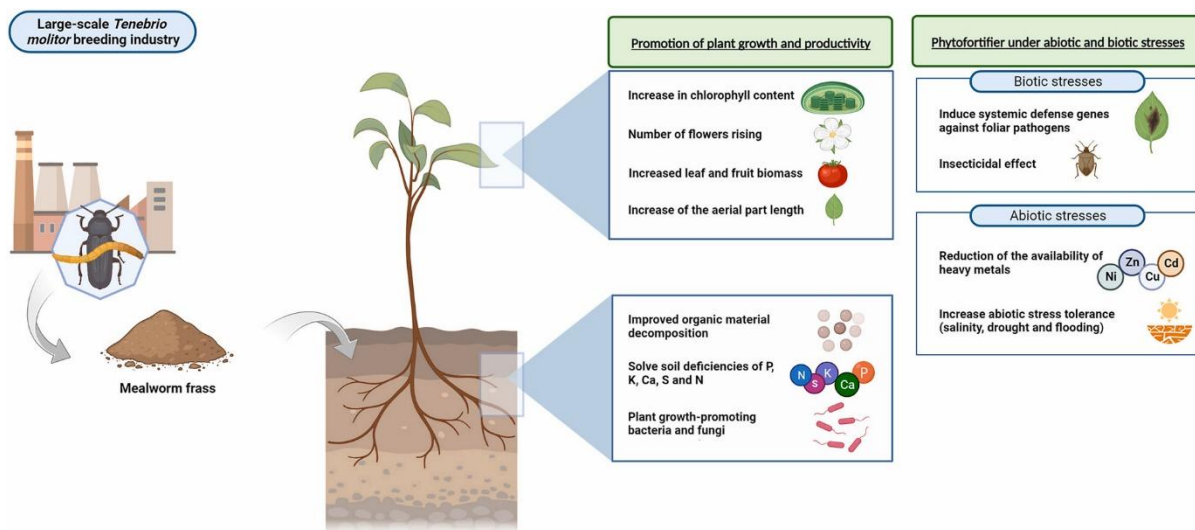
tega bi lahko genetska selekcija, okoljski dejavniki in predelava po pravilu igrali ključno vlogo pri povečanju hranilne vrednosti biomase ličink (Syahrulawal idr., 2023).

Evropska unija je s spremembo zakonodaje nedavno odobrila krmo iz žuželk za prašiče in perutnino. Posledično je bilo zaznati interes za to novo vrsto proizvodnje. Iztrebki žuželk, imenovani fras, vsebujejo znatne količine hranil in koristnih mikroorganizmov, ki bi lahko veliko doprinesli k ekološkemu kmetovanju.

Običajno ima fras visoko vsebnost organskih snovi in obilico bistvenih hranil, kot so dušik (N), fosfor (P) in kalij (K), poleg ozkega razmerja med ogljikom (C) in dušikom (N). Rastlinam zagotavlja bistvena makrohranila in spodbuja njihovo rast.

Preučevanje uporabe frasa v trajnostnem kmetijstvu je razmeroma novo. V zadnjih letih je predmet številnih raziskovanj.

Fras, pridobljen z množičnim gojenjem rumenega mokaarja za krmo in hrano, bi lahko služil kot pomemben in močan vir organskega gnojila v intenzivnih hortikulturnih pridelkih, kar bi prispevalo k bolj trajnostnemu kmetijstvu in bi zmanjšalo uporabo sintetičnih kmetijskih kemikalij (Zunzunegui idr., 2024).



Slika 3:

Prikaz pozitivnega vpliva mokaarjevih iztrebkov na rastline in tla
(Zunzunegui idr., 2024)

2.3.4 Prehrana rumenih mokařjev

V naravi mokařje pogosto najdemo pod lubjem, v glivah, pod skalami in razpadajoćim lesom ali v listnem odpadku. Većina vrst se prehranjuje z rastlinskimi materiali, mrtvimi ųuželkami in glivami. V skladišćnih prostorih jih najdemo v posušenih zrnih ali ųitnih proizvodih ter na mestih, kjer se ti proizvodi meljejo in skladišćijo (Dellinger idr., 2023).

Po Yangovi ųtudiji lahko lićinke mokařja ųvećijo in jedo stiropor (polistirensko peno) kot edino hrano ter hitro razgradijo in mineralizirajo zauųiti stiropor po prehodu skozi ćrevesni trakt. Ugotovil je, da ni bilo razlik med lićinkami, ki so se hranile s stiroporom kot edino prehrano in lićinkami, ki so se hranile z otrobi (Yang idr., 2015).

Da lahko lićinke mokařjev preųivijo z uųivanjem polistirenske pene so prav tako potrdili akademski raziskovalci in znanstveniki iz dvaindvajsetih drųav. Podrobnejše ocene te sposobnosti mokařjev je potrdilo dvanajst virov: pet iz ZDA, ųest s Kitajske in eden iz Severne Irske (Yang idr., 2018).

3 NAMEN IN CILJI

Cilj raziskovalne naloge je preučiti vpliv različne prehrane (Čokolino Protein Power, Čokolino in koruzni zdrob - polenta), ki vsebuje različno količino beljakovin, na rast oziroma prirastek mase ličink rumenih mokařev (*Tenebrio molitor*).

Namen raziskovalne naloge je prispevati k raziskavam optimizacije gojenja mokařev za prehranske namene in doseganju okoljske prehranske varnosti, ki velja trenutno za veliki svetovni izziv.

3.1 Opredelitev hipotez

Na osnovi postavljenega cilja smo postavili naslednjo hipotezo:

“Mokařji hranjeni s prehrano z največjo vsebnostjo beljakovin (Čokolino protein Power) bodo pridobivali na masi hitreje kot mokařji, ki se bodo hranili s prehrano manj bogato z beljakovinami”.

Hipotezo smo postavili na podlagi podobne raziskave, ki jo je izvajal Aiste Kabařinksiene s skupino raziskovalcev v januarju 2024. V tej raziskavi se je izkazalo, da so mokařji, ki so se prehranjevali z največjo količino beljakovin, vsebovali tudi največjo količino beljakovin (Kabařinksiene idr., 2024).

4 METODOLOGIJA PRAKTIČNEGA RAZISKOVANJA

Preverjanje postavljene hipoteze smo se lotili s poskusom, ki je predstavljen v nadaljevanju. Praktični del je bil izpeljan v šolskem laboratoriju.

4.1 Pripomočki

- gojilne posode za molarje (plastične posode za hrano),
- ličinke molarjev (*Tenebrio molitor*) (trgovina DS Reptiles, Ptuj),
- Čokolino Protein Power (Lino, Podravka),
- Čokolino (Lino, Podravka),
- koruzni zdrob - polenta (Zlato Polje),
- platnene krpe,
- tehtnica (Kern, z natančnostjo 0,001 g),
- sito za sejanje molarjev,
- termometer in higrometer (Vernier),
- prenosni računalnik s programsko opremo Logger Pro.

4.2 Metoda dela

4.2.1 Priprava gojišč

V prvi fazi priprave našega eksperimenta smo ustvarili gojišča za ločene prehranske skupine molarjev. Gojilne posode so imele gladke stene iz plastike, kar je preprečilo pobeg molarjev. V pokrove posod smo s pomočjo skalpela in škarij na robovih embalaže ustvarili manjše odprtine za zrak. Nato smo za vsako prehransko skupino odmerili po 100 gramov substrata:

- prehranska skupina 1 (prva gojilna posoda): 100 g Čokolina Protein Power,
- prehranska skupina 2 (druga gojilna posoda): 100 g Čokolina,
- prehranska skupina 3 (tretja gojilna posoda): 100 g koruzni zdrob – polenta.

Mokarji v prvi gojilni posodi s Čokolinom z dodatnim proteinskim vnosom (Čokolino Protein Power) so predstavljali eksperimentalno skupino. Druga in tretja prehranska skupina sta predstavljali kontrolni skupini.

4.2.2 Potek poskusa

Iz populacije mokarjev, ki smo jo pridobili iz trgovine DJ Reptiles, smo izbrali 300 ličink v zgodnjih fazah razvoja. Ličinke smo namestili v gojilne posode z različnimi substrati, v vsako po 100 ličink. Predhodno smo jih stehtali. Po namestitvi ličink v gojišča smo po posodah ločene ličinke, štirinajsti dni hranili s hrano z različnim deležem beljakovin. Poskus je potekal od 9.12. do 23.2.2024 (14 dni), v šolskem laboratoriju. Vsak drugi dan (v ponedeljek, sredo in petek) smo ličinke presejali skozi sito, da smo odstranili substrat, jih prešteli in ponovno stehtali. Tehtali smo skupno maso vseh ličink iz posamezne gojilne posode. Skrbno smo beležili, če se je kakšna ličinka zabubila ali poginila, le te smo pred tehtanjem odstranili.

V času izvajanja laboratorijskega dela smo prav tako merili temperaturo in zračno vlažnost prostora, v katerem so se nahajala gojišča. Najnižja izmerjena temperatura je bila 14 stopinj Celzija, največja pa 21 stopinj Celzija. Povprečna temperatura je bila 17 stopinj C. Najmanjša izmerjena vlažnost prostora je znašala 38%, največja pa 55%. Povprečje vlažnosti je bilo 46%.



Slika 4:
Štetje mokařjev v šolskem laboratoriju
(Lastna raziskava, 2024)



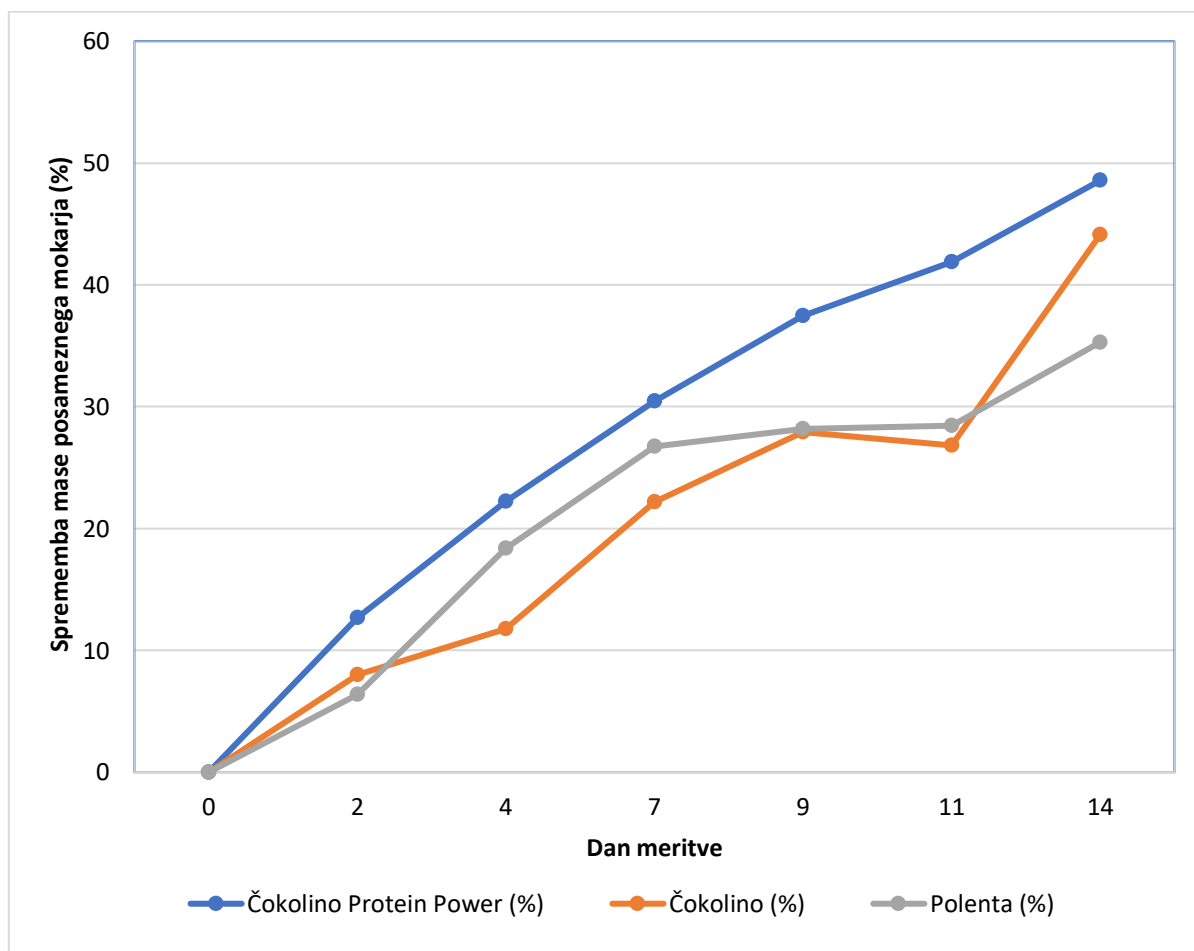
Slika 5:
Gojišče v šolskem laboratoriju
(Lastna raziskava, 2024)

5 REZULTATI IN INTERPRETACIJA

Poskus je potekal od 9.12. do 23.2.2024 (14 dni), v šolskem laboratoriju.

Rezultate predstavljamo v nadaljevanju.

Najprej smo iz zabeleženih meritev mase posameznih skupin mokařev izraĉunali povpreĉno maso posameznega mokařja. Odstotek spremembe mase posamezne skupine je prikazan v grafu 1.



Graf 1:

Odstotek spremembe povpreĉne mase posameznega mokařja

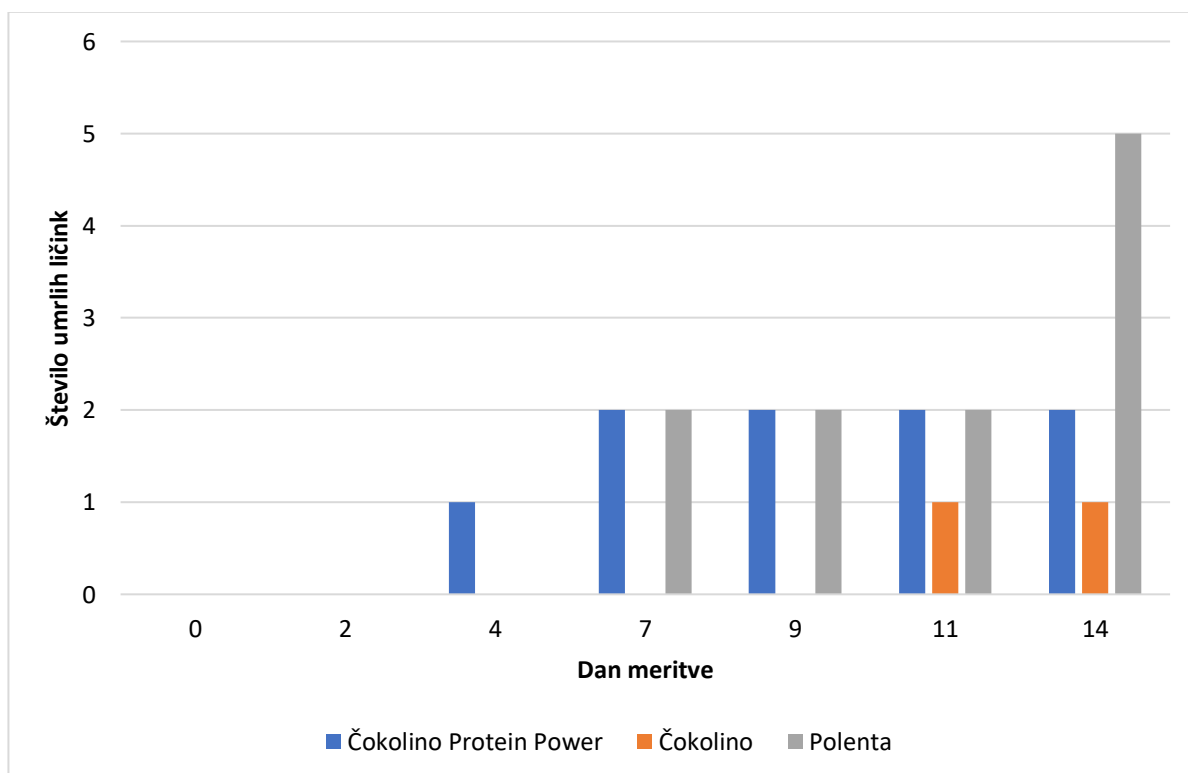
(Lastna raziskava, 2024)

Prišli smo do naslednjih rezultatov:

- V populaciji s substratom Čokolina Protein Power se je povprečna masa posameznega mokaarja povečala za 48,57% (0,0153 g).
- V populaciji s substratom Čokolina se je povprečna masa posameznega mokaarja povečala za 44,12% (0,0199 g).
- V populaciji s substratom koruznega zdroba - polente pa se je povprečna masa posameznega mokaarja povečala za 35,29% (0,0144 g).

V času laboratorijskega dela smo beležili število mokaarjev ter skrbno odstranjevali ličinke, ki so poginile ali se zabubile.

Spreminjajoče se število ličink v posameznih populacijah je prikazano v grafu 2.



Graf 2:

Umrljivost ličink v posamezni prehranski skupini
(Lastna raziskava, 2024)

Na našem vzorcu se kaže razlika v trendu naraščanja mase mokaarjev med različnimi prehranskimi skupinami (Čokolino Protein Power, Čokolino in koruzni zdrob - polenta). Iz

grafa 1 je razvidno, da je skupina, ki se je prehranjevala z največjo količino proteinov, imela tudi največji prirast mase.

Glede na podatke pridobljene iz strokovne literature, opravljenih študij različnih avtorjev, da na rast molarjev najbolj vplivajo beljakovine, smo predpostavili, da bo skupina molarjev rejena v gojišču s Čokolinom Protein Power izkazovala največjo razliko mase. Na podlagi naših rezultatov lahko našo hipotezo torej potrdimo.

Ker pa na rast molarjev ne vpliva le prisotnost beljakovin, je potrebno podrobneje pogledati tudi hranilno sestavo substratov uporabljenih v našem poskusu.

Iz hranilne sestave substratov je razvidno, da so molarji v 1. populaciji bili izpostavljeni največjemu deležu beljakovin (17 g), molarji v 2. populaciji pa največjemu deležu ogljikovih hidratov (84 g).

Hranilne snovi v 100 g substrata	Čokolino Protein Power	Čokolino	koruzni zdrob - polenta (Zlato Polje)
Maščoba (g)	6	4,1	1
Ogljikovi hidrati (g)	66	84	71,5
Beljakovine (g)	17	7	7
Prehranske vlaknine (g)	6	5	8

Tabela 1:

Podatki o hranilni sestavi substratov uporabljenih v poskusu.

(Deklaracije na embalaži prehranskih izdelkov, n. d.)

Na spremembo mase molarjev vplivajo tudi drugi dejavniki.

Med izvajanjem poskusa smo beležili število mokařev, število umrlih mokařev ter temperaturo in vlaŹnost v prostoru gojenja. ZabeleŹeni rezultati (Graf 2) kaŹejo, da je bila umrljivost najvišja v skupini, ki se je prehranjevala s koruznim zdrobom - polento (3. skupina).

Prav tako je pomembno, da si ob teh ugotovitvah zastavimo vprašanje, ali se nekoliko večji prirast mase mokařev prehranjenih s proteinsko bogatejšo hrano da ekonomsko opravičiti glede na višjo ceno te hrane.

V primeru naših raziskav govorimo o 13,28 % razliki med maso skupine, ki smo jo hranili s Čokolino Protein Power in skupino, ki smo jo hranili s koruznim zdrobom - polento.

Źe s primerjavo cen substratov, ki smo jih uporabili v poskusu, lahko delno odgovorimo na to vprašanje.

Čokolino Protein Power stane 18,54 evrov na kg, Čokolino 10,79 evrov na kg, cena koruznega zdroba – polente pa se giblje med 1,70 evrov in 3,52 evrov na kg. (Spar, 2025). Glede na velike razlike v ceni in minimalni razliki v prirastku mase mokařev, predvidevamo da je iz ekonomskega vidika najbolj ustrezno uporabljati najcenejšo izbiro substrata.

Analizirali smo tudi moŹne vire napak, ki bi lahko vplivale na rezultate poskusa in razmišljali o izboljšavah. Pred vsakim tehtanjem mokařev smo morali iz njih odstraniti ves substrat, kar je bilo zamudno delo, ki je zahtevalo precej natančnosti. Kljub skrbnemu čišćenju obstaja moŹnost, da nismo odstranili vsega substrata, kar bi ob tehtanju lahko vplivalo na rezultat.

Ker bi bilo tehtanje posameznih mokařev v gojišču zamudno, smo tehtali skupaj vse osebe iz posameznih gojilnih posod. Zaradi tega ni bilo mogoče opraviti statistične obdelave podatkov in ne moremo potrditi, da gre za stastično pomembno razliko v priraščanju mase posameznih skupin mokařev. Tako ne moremo z gotovostjo trditi, da ena vrsta hrane res bolj vpliva na rast mokařev kot druga. Predlagamo ponovitev poskusa, kjer bi tehtali posamezne osebe in na ta naćin pridobili večje število podatkov za posamezen tip substrata, kar bi omogoćilo statistično obdelavo podatkov in njihovo primerjavo.

Pomanjkljivost je tudi prekratek čas trajanja poskusa. V primeru daljšega časa, bi bile morda razlike v prirastu mase mokarjev med posameznimi skupinami večje.

Na rezultat poskusa bi lahko vplivala tudi temperatura, saj je med vikendom zaradi izklopljene kurjave temperatura padla na 17 stopinj Celzija, kar je upočasnilo njihovo rast. Možna izboljšava bi bila, da bi bile gojilne posode v prostoru s konstantno temperaturo, ugodno za njihov razvoj.

6 SKLEP

V raziskovalni nalogi smo skušali ugotoviti, kako z beljakovinami obogatena prehrana vpliva na rast ličink rumenega mokařja (*Tenebrio molitor*), ki postaja vse bolj pomemben vir beljakovin v prehrani človeka in živali. Pri mokařjih, gojenih na substratu z dodatkom proteinov (Čokolino Protein Power) se je pokazal trend hitrejšega pridobivanja mase v primerjavi s kontrolnima skupinama, hranjenima s substratom z manjšo vsebnostjo beljakovin (koruzni zdrob - polenta, Čokolino). Zaradi majhnega vzorca ne moremo z gotovostjo trditi, da ena vrsta hrane bolj vpliva na rast in pridobivanje mase mokařjev kot druga. Kljub temu pa se postavlja vprašanje o ekonomski upravičenosti proteinskih dodatkov v prehrani, če le ti ne prispevajo pomembno k boljšemu prirastu biomase gojenih organizmov. Potrebne so nadaljnje raziskave v tej smeri, tako za industrijske kot za znanstvene aplikacije.

Ne moremo pričakovati, da bomo čez noč, predvsem ne v naši kulturi, spreminjali naše prehrabne navade, četudi se te zaradi vse večje mobilnosti, ki prinaša spoznavanje različnih kultur in njihovega načina prehranjevanja pa tudi zaradi informacij in kuharskih oddaj iz različnih koncev sveta v sredstvih javnega obveščanja, sčasoma le spreminjajo. Ljudje postajamo odprti do različnosti okusov jedi, odprti za zdrav način prehranjevanja v skrbi za naše zdravje. Zato morda ni daleč, da bomo sprejeli na naših jedilnikih jedi, ki danes niso običajne. Morda bomo z ozaveščanjem in objavljanjem raziskav o prednostih uživanja žuželk le premagali ta odpor in žuželke postopoma vključili v našo prehrano. Lahko, da nam bodo zbudili večje zanimanje recepti kuharskih mojstrov in priprave jedi iz mokařjev, kot nas danes privlačijo na krožniku goveji bifteki. Prihodnost prehranjevanja z žuželkami je ključnega pomena, da se z odprtostjo in raziskovanjem novih prehranskih možnosti pripravimo na prehod v bolj trajnostno in zdravo prihodnost.

7 DRUŽBENA ODGOVORNOST, TRAJNOST IN NAPREDEK

Z raziskovalno nalogo smo z raziskovanjem in poskusom skušali ugotoviti, kako z beljakovinami obogatena prehrana vpliva na rast ličink rumenega mokařja.

Užitne žuželke kot alternativni vir beljakovin za človeško hrano in živalsko krmo so zanimive z vidika nizkih emisij toplogrednih plinov, visoke učinkovitosti pretvorbe krme, majhne rabe zemljišč in njihove zmožnosti preoblikovanja organskih stranskih tokov nizke vrednosti v beljakovinske izdelke visoke vrednosti (Van Huis, 2016), vendar ostaja njihova prebavljivost in kakovost beljakovin, zlasti po kulinarični obdelavi, premalo raziskana (Lampová idr., 2024). Z našo raziskovalno nalogo smo želeli prispevati k poznavanju tega področja.

V zadnjem desetletju je nujnost iskanja alternativnih in trajnostnih virov beljakovin spodbudila eksponentno povečanje zanimanja za žuželke kot vira hrane za ljudi. Užitne žuželke v človeško prehrano prispevajo ustrezne količine energije in beljakovin, maščobnih kislin in mikrohranil. Hranilne vrednosti žuželk je mogoče prilagoditi za zadovoljevanje posebnih potreb. Užitne žuželke v državah s pomanjkanjem hrane lahko prispevajo k izboljšanju prehrane in preprečevanju podhranjenosti. Bioaktivne spojine v žuželkah lahko zmanjšajo tveganje za zdravje. Tveganja za varnost hrane so nizka in se v glavnem nanašajo na alergenost. Strategije za premagovanje ovir pri uživanju izdelkov iz žuželk vključujejo poudarjanje njihove trajnosti, povečanje njihove okusnosti in razvoj sposobnosti prikrivanja žuželk v znanih izdelkih. Pojavlja se nov sektor žuželk kot hrane in krme. Glavni izzivi vključujejo zakonodajo, nižanje cen z avtomatizacijo in poceni substrati, razvoj izdelkov za insekte, ki so privlačni za potrošnike in raziskovanje koristi za zdravje (Van Huis idr., 2021).

Ena najbolj zanimivih lastnosti rumenega mokařja z vidika prehrane je njen pravilen prehranski profil. V povprečju 50 % njegove suhe snovi ustreza surovim beljakovinam in 30 % maščobam, ki se spreminja glede na njihovo prehrano. Na splošno imajo ličinke mokařjev dobro uravnotežen profil esencialnih in neesencialnih aminokislin. So tudi primeren vir nasičenih (kot so miristinska, palmitinska in stearinska kislina) in polinenasičenih (oleinska,

linolna in linolenska kislina) maščobnih kislin. Ima tudi bogato vsebnost mineralov in vitaminov, kot so fosfor, kalij, magnezij, cink, železo in baker ter vitamine B5, B3, B2, B12 in E (Moruzzo idr., 2021). Olje mokaerja vsebuje tokoferol in polifenole, oba z močnim antioksidativnim delovanjem (Errico idr., 2022).

Dejansko je ličinka mokaerja zelo zaželena, saj vsebuje visoko vsebnost beljakovin in nizko vsebnost hitina, kar povečuje biološko uporabnost in prebavljivost beljakovin. Odrasel mokaer (hrošč) pa nima le veliko beljakovin, temveč tudi visoko vsebnost hitina, kar ovira njegovo uporabo kot prehranski vir. Hitin je polisaharid, ki ga tvorijo glukozaminske in N-acetilglukozaminske enote, ki sestavljajo eksoskelete žuželk in je tesno vezan na beljakovine, kar zmanjšuje prehranske prednosti prehranske uporabe žuželk v stadiju bub in odraslih v primerjavi z ličinkami. Vendar pa je hitin mogoče frakcionirati v hitozan, visoko vodotopno in biološko aktivno molekulo (Nafary idr., 2023), katere funkcionalne lastnosti je mogoče uporabiti v številnih industrijskih sektorjih, kot so kmetijstvo, medicina, farmacija, biotehnologija, med drugim tudi kot krmo za živali (Khanal idr., 2023; Nafary idr., 2023).

Ugotovitve različnih študij na živalih kažejo na pozitivne učinke entomofagije v povezavi s srčno žilnimi boleznimi ter imunsko odpornostjo in karcinogenezo. Vendar obstaja premalo raziskav, ki bi preučevale zdravstvene rezultate pri ljudeh. Potrebne bi bile obsežne klinične študije, da bi lahko ocenili učinkovitost in varnost peroralnega vnosa ter alergijskega tveganja (Lange idr., 2021).

V zadnjem desetletju so cene sojine mokaerja in ribje mokaerje – primarni krmi za živino – vztrajno rasle skupaj z naraščajočim povpraševanjem po živalskih beljakovinskih izdelkih.

Številne študije kažejo, da bi lahko bila mokaer iz žuželk primeren nadomestek za krmo za živali (Sogari idr., 2023).

Žuželke se lahko uporabljajo kot krma za hišne ljubljence, živino in ribe (Van Huis, 2016). Predstavljajo trajnostno in zdravo alternativo običajnim mesnim izdelkom, medtem ko je njihovo sposobnost uživanja živilskih odpadkov mogoče uporabiti za recikliranje organskih stranskih tokov (Van Huis, 2013).

8 VIRI IN LITERATURA

- Basak, S., Singhal, R., S. (15.1.2022), Succinylation of food proteins- a concise review. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821020193#bib9>
- BiologyDictionary, (28.4.2017). Chitin. <https://biologydictionary.net/chitin/>
- BiologyWise. (n.d.). Mealworm Life Cycle <https://biologywise.com/mealworms-life-cycle>
- Dellinger, T. A., Day, E. (3.3. 2023). Insect identification Lab, Entomology, Virginia Tech – Darkling Beetles and Mealworms <https://www.pubs.ext.vt.edu/ENTO/ENTO-283/ENTO-283.html>
- Eckard Reinke-Nobbe (n.d.). Insekten. https://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2009/2384/pdf/07_10_12_Insekten_neu.pdf
- European Food and Safety Authority. (13. 1. 2021). Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283.
- European Parliament. European Science-Media Hub (10.1.2024). Eating insects: ‘Good for your health, the planet and nutritionally equivalent to meat’ <https://sciencemediahub.eu/2024/01/10/eating-insects-good-for-your-health-the-planet-and-nutritionally-equivalent-to-meat/>
- EU. [Overview-News](#). (2.6.2021). Small insects – Big impact! EU authorises insects as food. <https://ec.europa.eu/newsroom/sante/items/712990/en>
- EU. [Overview-News](#). (17.5.2023). Sustainable, edible and nutritious – think about <https://ec.europa.eu/newsroom/sante/items/787829/en>
- FAO. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed. Security. www.fao.org/4/i3253e/i3253e.pdf
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO 2023. Chapter 2. Food Security and Nutrition to the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural – urban continuum. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f1ee0c49-04e7-43df-9b83-6820f4f37ca9/content/cc3017en.html>
- Gkinali, A.A., Matsakidou, A., Vasileiou, E., Paraskevopoulou A. (28.12.2021) Potentiality of *Tenebrio molitor* larva-based ingredients for the food industry: a review <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224421006373>
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A.M., Felon, M. , Tiwari B. (22.7.2017). Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. <https://www.mdpi.com/2304-8158/6/7/53>
- Hong, J., Han, T., Kim, Y.Y. (8.11.2020) Mealworm (*Tenebrio molitor* larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: a review <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/11/2068>
- Insektenwirtschaft (n.d.). Mehlwürmer essen: Mehlkäferlarven als Lebensmittel. <https://insektenwirtschaft.de/speiseinsekten/mehlwuermer-als-lebensmittel/>

- Kabašinskiene, A., Jukniene, I., Šumskiene, M., Faulkauskas, R., Antanaitis, Š., Kiseliuviene, S., Aleknavičius, D., Jankauskiene, A. (23.1.2024). The Influence of Different Sustainable Substrates on the Nutritional Value of *Tenebrio molitor* Larvae. <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/3/365>
- Khanal, P., Pandey, D., Næss, G., Cabrita, A.R.J. , Fonseca, A.J.M. , Maia, M.R.G., Overrein, H. (20.2.2023) Yellow mealworms (*Tenebrio molitor*) as an alternative animal feed source: a comprehensive characterization of nutritional values and the larval gut microbiome. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623002627>
- Kim, T-K., In Yong, H., Kim Y.-B., Kim, H.-W, Choi Y.-S..(31.8.2019). Edible Insects as a Protein Source: A Review of Public Perception, Processing Technology, and Research Trends <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6728817/>
- Kodele, M., Stanojević, M.S., Gliha, M. (1997). Prehrana
- Lange, K. W., Nakamura, Y.. (29.6.2021), Edible insects as a source of food bioactives and their potential health effects. <https://www.sciopen.com/article/pdf/10.31665/JFB.2021.14264.pdf?ifPreview=0>
- Lampová, B., Doskočil, I., Kulma, M., Kurečka, M., Kouřimská L. (31.5.2024). Culinary treatments impact the digestibility and protein quality of edible insects: a case study with *Tenebrio molitor* and *Gryllus assimilis* <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11179427/>
- Moruzzo, R., Riccioli, F., Diaz, S. E., Secci, C., Poli, G., Mancini S. (31.8.2021) Mealworm (*Tenebrio molitor*): Potential and Challenges to Promote Circular Economy <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/9/2568>
- Muñoz-Seijas, N., Fernandes, H., Salgado , J.M..(13.7.2024). Recent Advances in Biorefinery of *Tenebrio molitor* Adopting Green Technologies <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-024-03510-0>
- Ocepek, R., Schauer, P., Sterle, M., Verčkovnik, T., Vrščaj, D, (1991). Biološko, laboratorijsko in terensko delo II
- Olivadese, M., Dindo, M. L.. (4.8.2023). Edible Insects: A Historical and Cultural Perspective on Entomophagy with a Focus on Western Societies <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10455489/>
- Osan, I. (2012) Beljakovine za življenje in smrt
- Ribeiro N., Abelho, M., R. Costa, R. (1.10.2018). A Review of the scientific literature for optimal conditions for mass rearing *Tenebrio molitor* (Coleoptera: tenebrionidae) <https://jes.kglmeridian.com/view/journals/ents/53/4/article-p434.xml>
- Sharma, B., Yadav, D.K., Malakar, S., Singh, S., Sharma, M., Suri. S., Sridhar, K..(6.10.2024) Insect proteins – Production technologies, bio-functional, and food applications: A perspective <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429224009908>
- Sogari, G., Bellezza Oddon, S., Gasco, L., Van Huis, A., Spranghers, T., Mancini S. (17.8.2023). Review: Recent advances in insect-based feeds: from animal farming to the acceptance of consumers and stakeholders <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175173112300201X>

- Spar. (28.1.2025). <https://www.spar.si/online/shramba/>)
- Syahrulawal, L., Torske, M., Sapkota, R., Næss, G., Khana, P. (3.12.2023). Improving the nutritional values of yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae as an animal feed ingredient: a review <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-023-00945-x>
- Toti, E., Massaro, L., Kais, A., Aiello, P., Palmery, M., Peluso, I. (1.6.2020). Entomophagy: A Narrative Review on Nutritional Value, Safety, Cultural Acceptance and A Focus on the Role of Food Neophobia in Italy. <https://www.mdpi.com/2254-9625/10/2/46#B1-ejihpe-10-00046>
- Toviho, O. A., Bársony, P. (15.11.2022). Nutrient Composition and of Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) at Different Ages and Stages of the Life Cycle. <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/11/1924>
- United Nations. Department of Economic and Social Affairs. (29.7.2015). The World Population Prospects: 2015 Revision. <https://www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html>
- Van Huis, A., Oonincx, D.G.A.B., (15.9.2017) <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13593-017-0452-8.pdf>
- Van Huis, A., Rumpold, B., Maya, C., Roos N. (19.6.2021). Nutritional Qualities and Enhancement of Edible Insects. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34186013/>
- Van Huis, A. - Potential of insects as food and feed in assuring food security (27.9.2013). <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Yang S.S., Wei-Min Wu, W.-M., Brandon A.M., Fan H.-Q., Receveur J.P., Li, Y., Wang, Z.-Y., Fan, R., L. McClellan, R., Gao, S.-H., Ning, D., H. Phillips, D., Peng, B.-Y., Wang, H., Cai, S.-Y., Li, P., Caid, W.-W., Ding, L.-Y., Yang, J., Zheng, M., Criddle C.S. (23.8.2018). Ubiquity of polystyrene digestion and biodegradation within yellow mealworms, larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653518315509?via%3Dihub>
- Zveza potrošnikov Slovenije. (26.1.2023), Žuželke v prehrani: kaj je dobro vedeti? <https://www.zps.si/nasveti-in-vodniki/zuzelke-v-prehrani-kaj-je-dobro-vedeti-2023-01-26>
- Zunzunegui, I., Martín-García, J., Santamaría, Ó., Poveda J. (1.7.2024). Analysis of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) frass as a resource for a sustainable agriculture in the current context of insect farming industry growth <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624020560>

