



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

RAZVOJ TEHNOLOGIJE INSEKTNE BIOKONVERZIJE KOT ALTERNATIVNEGA VIRA BELJAKOVIN ZA PREHOD NA TRAJNOSTNI PREHRANSKI SISTEM

RAZISKOVALNO DELO
PODROČJE: *BIOTEHNOLOGIJA*

Mentor:

strok. sod. **Marko Jeran**;
Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana

Avtorji:

Tom Horvat, Ažbe Drmota, Žan Plut;
dijaki 4. letnika tehniške gimnazije

Somentorja:

strok. sod. **Luka Irenej Pečan**;
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta in
Università degli studi di Trieste, Trst, Italija

Lidija Zavašnik, prof.;
Biotehniški izobraževalni center Ljubljana

Ljubljana, 2024

Kazalo

ZAHVALA	5
POVZETEK	6
ABSTRACT	6
1. UVOD.....	7
2. TEORETIČNI DEL	8
2.1 SPLOŠNI KONTEKSTI.....	8
2.1.1 ŽUŽELKE KOT TRAJNOSTNI VIR BELJAKOVIN ZA KRMO	8
2.1.2 UPORABNOST ŽUŽELK V ČLOVEŠKI PREHRANI.....	9
2.2 RAZLOG ZA RAZISKOVANJE UPORABE ŽUŽELK	10
2.3 POTRNOŠNIKOVO VEDENJE.....	11
2.3.1 ŽUŽELKE V ČLOVEŠKI PREHRANI	11
2.3.2 ŽUŽELKE V PREHRANI ŽIVALI	12
2.4 ŽUŽELKE IN ZNANSTVENO-RAZISKOVALNO DELO.....	13
2.4.1 SISTEMATIČEN PREGLED ŽUŽELK.....	13
2.4.2 PREHRANSKA SESTAVA ŽUŽELK.....	15
2.4.3 POMEN V PREHRANSKI VERIGI IN HRANILNA VREDNOST	17
2.5 UPORABA ŽUŽELK V FARMACIJI.....	18
3. STATISTIČNA ANALIZA POTROŠNIKOV NA OZEMLJU REPUBLIKE SLOVENIJE NA PODROČJU PREHODA NA TRAJNOSTNI PREHRANSKI SISTEM	21
3.1 CILJ STATISTIČNE ANALIZE	21
3.2 HIPOTEZA	21
3.3 METODA.....	21
3.4 REZULTATI	23
4. EKSPERIMENTALNI DEL	32
4.1 CILJI EKSPERIMENTALNEGA DELA	32
4.2 HIPOTEZA	32
4.3 MATERIALI IN METODE.....	32
4.3.1 REAGENTI	33
4.3.2 APARATURE IN PRIPOMOČKI.....	33
4.3.3 POSTOPEK REJE LIČINK <i>Hermetia illucens</i>	34
4.3.4 VZORCI.....	35
4.3.5 WEENDSKA ANALIZA	35
4.3.6 SUHA SNOV	35
4.3.7 SUROVI PEPEL	36
4.3.8 SUROVE BELJAKOVINE (DOLOČANJE DUŠIKA PO KJELDAHLU)	37
4.3.9 SUROVE MAŠČOBE	39
4.3.10 KVANTITATIVNA DOLOČITEV SKUPNEGA FLUORIDA	41
4.4 REZULTATI	42
4.4.1 REZULTATI DOLOČANJ SUHE SNOVI	42
4.4.2 REZULTATI DOLOČANJ »SUROVEGA« PEPELA.....	43

4.4.3 REZULTATI DOLOČANJA »SUROVIH« BELJAKOVIN.....	43
4.4.4 REZULTATI DOLOČANJ »SUROVIH« MAŠČOB.....	44
4.4.5 REZULTATI KVANTITATIVNIH DOLOČITEV SKUPNEGA FLUORIDA	44
5. ZAKLJUČEK.....	46
6. VIRI.....	48
7. DODATEK.....	51

Kazalo grafov

Graf 1: Masa suhe snovi, prisotne v 100g svežega vzorca.....	42
Graf 2: Masa surovega pepela v 100 gramih svežega vzorca.....	43
Graf 3: Masa surovih beljakovin v 100 gramih svežega vzorca	43
Graf 4: Masa surovih maščob v 100 gramih svežega vzorca	44
Graf 5: Prikaz rezultatov določitve skupne koncentracije fluorida v vzorcih črne bojvniške muhe.	45
Graf 6: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os)	52
Graf 7: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os)	52
Graf 8: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os)	52
Graf 9: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os)	52
Graf 10: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os).....	52

Kazalo tabel

Tabela 1: Taksonomska kategorizacija črne bojvniške muhe (Verlič, 2021).	14
Tabela 2: Uporabljeni vzorci, njihova formulacija in donosi.....	35
Tabela 3: Prehranska neofobija glede na spol.....	51
Tabela 4: Število moških in žensk, ki so poskusili žuželke.	53
Tabela 5: Starostne skupine in izkušnje poiskovanja užitnih žuželk.	53
Tabela 6: Odnos spolov do strahu pred novimi jedmi.	53
Tabela 7: Odnos spolov do prisotnosti žuželk v hrani ljudi.	54
Tabela 8: Odnos starostnih skupin do žuželk v hrani ljudi.....	54
Tabela 9: Odnos starostnih skupin do žuželk v krmi za piščance.	54
Tabela 10: Odnos spolov do žuželk v krmi za piščance.	55
Tabela 11: Odnos spolov do žuželk v hrani hišnih ljubljencev.	55
Tabela 12: Odnos starostnih skupin do žuželk v hrani hišnih ljubljencev.....	55
Tabela 13: Odnos spolov do žuželk v krmi živali.	56
Tabela 14: Odnos spolov do dokazano varne hrane iz žuželk.....	56
Tabela 15: Odnos starostnih skupin do dokazano varne hrane iz žuželk.	56
Tabela 16: Odnos starostnih skupin do različnih načinov uporabe žuželk.	57
Tabela 17: Odnos spolov do različnih načinov uporabe žuželk.	57

Kazalo slik

Slika 1: (a) Ličinke črne bojvniške muhe v tekočem dušiku, (b) homogenizacija v terilnici s pestilom v homogenat in (c) sušenje materiala za določitev skupnega fluorida.	33
Slika 2: (a) Priprava vzorca za razklop in (b) blok za segrevanje.	39
Slika 3: Sistem za hidrolizo.	40

OKRAJŠAVE

- **WHO** Svetovna zdravstvena organizacija (*angl.* World Health Organization)
- **FAO** Organizacija združenih narodov za hrano in agrikulturo (*angl.* Food and Agriculture Organization)
- **EU** Evropska unija
- **MRSA** Proti meticilinu odporni *Staphylococcus aureus* (*angl.* Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*)
- **MSSA** Na meticilin občutljivi *Staphylococcus aureus* (*angl.* Methicillin susceptible *Staphylococcus aureus*)

ZAHVALA

Zahvaljujemo se mentorju, strokovnemu sodelavcu **Marku Jeranu** iz *Oseka za anorgansko kemijo in tehnologijo* Instituta »Jožef Stefan«, za vso strokovno pomoč, gradivo, čas, zaupanje in namenjeno potrpežljivost. Zahvaljujemo se vam, ker ste nas sprejeli in nam omogočili priložnost opravljanja raziskovalnega dela. Hvala, ker ste nas podpirali in nam pomagali pri prvem, za nas, »resnem« projektu. Predali ste nam veliko izkušenj in znanj iz področja znanstveno-raziskovalnega dela in reševanja zapletov, ki so se pojavili na poti. Hvala za odprto pot.

Hvaležni smo tudi somentorju, strokovnemu sodelavcu **Luki Ireneju Pečanu** iz *Katedre za agrarno ekonomiko, politiko in pravo* Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in *Dipartimento di Scienze della Vita* Università degli studi di Trieste, za neverjetno sodelovanje, s katerim ste nam omogočili izjemen pogled v res bogato delo. Zahvaljujemo se vam za vso strokovno pomoč, gradivo, posvečen čas in trud, ki ste nam ga namenili.

Analiznih metod nebi morali bolje izpeljati, če nas nebi podprli izjemni raziskovalci in pedagogi. Hvala doc. dr. **Alenki Levart**, g. **Marku Kodra** in ga. **Niki Založnik** iz *Katedre za prebrano Oddelka za zootehniko* Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Z njimi smo v hitrem tempu izpeljali Weendsko analizo, ki je pri našem delu igrala pomembno vlogo. Pomemben prispevek sta doprinesli tudi ga. **Patricija Lap** in prof. dr. **Maja Ponikvar-Svet** iz *Odseka za anorgansko kemijo in tehnologijo* Instituta »Jožef Stefan«. Pomagali sta nam pri analizi fluorida. Tudi njima smo iz srca hvaležni.

Hvaležni smo tudi strokovni sodelavki **Emi Luni Karara Geršak** iz *Katedre za agrarno ekonomiko, politiko in pravo* Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, za njeno sodelovanje pri anketnem delu in pomoči pri pisanju zaključnega poročila.

Hvala tudi izr. prof. dr. **Alešu Kuharju** iz *Katedre za agrarno ekonomiko, politiko in pravo* Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, za velikodušno pomoč na vsakem koraku. Hvala, ker ste prepoznali naše zanimanje za insektno biokonverzijo in nas sprejeli v svoj krog.

Zahvaljujemo se tudi ga. **Lidiji Zavašnik** za podporo in razumevanje.

Raziskovalno delo je bilo opravljeno v sklopu raziskovalnega projekta *Valorizacija stranskih proizvodov v rastlinski pridelavi z uvajanjem sodobnih konceptov in tehnologij krožnega biogospodarstva na kmetijah (EIP ŽUŽ)*. Projekt je sofinanciran iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije 2014–2020 in Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja v okviru ukrepa Sodelovanje, podukrep M16.2 – Podpora za pilotne projekte ter za razvoj novih proizvodov, praks, procesov in tehnologij.



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



Ideje in rešitve povezujejo!



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

POVZETEK

Eden največjih globalnih izzivov 21. stoletja je zadovoljiti vedno večje povpraševanje po hrani in hkrati omejiti negativni vpliv kmetijstva na okolje in naravo. Z nenehnim večanjem človeške populacije se sorazmerno povečuje tudi potreba po beljakovinah živalskega izvora. Kot družba moramo vse bolj strmeti k trajnostnim rešitvam in iskati trajnostne alternative konvencionalnim virom beljakovin.

Skozi statistično analizo smo vrednotili odnos slovenskih potrošnikov do prehoda na trajnostne prehranske prakse. Pokazali smo, da je mlajša populacija bolj odprta za tovrstne prehrabne inovacije, predvsem hrane iz žuželk, medtem ko je sprejemljivost med starejšimi posamezniki nekoliko manjša. Odzivi na sprejemanje užitnih žuželk kot krme za živali so pokazali relativno visoko stopnjo odprtosti med vsemi starostnimi skupinami, pri čemer so se posamezniki med 25. in 45. letom starosti izkazali za najbolj dojemljive.

Zaradi široke dostopnosti žuželk, enostavnega gojenja in visokih izkoristkov na rastnih substratih, smo eksperimentalno delo usmerili v bioproces črne bojevniške muhe (*Hermetia illuscens*). S serijo kvantitativnih določitev parametrov Weendske analize in celokupnega fluorida, smo izdelali celovit vpogled v profil sestave ličink modelnega organizma in osvetlili njihovo potencialno uporabo na različnih področjih, zlasti v kmetijstvu.

KLJUČNE BESEDE: Črna bojevniška muha, *Hermetia illuscens*, ličinke, Weendska analiza, surove maščobe, surove beljakovine, suha snov, surov pepel, fluor, anketa

ABSTRACT

One of the greatest global challenges of the 21st century is to meet the ever-increasing demand for food while limiting the negative impact of agriculture on the environment and nature. As the human population continues to grow, the demand for proteins of animal origin increases proportionally. As a society, we need to step up our efforts to find sustainable solutions and look for sustainable alternatives to traditional protein sources.

Based on a statistical analysis, we investigated the attitudes of Slovenian consumers towards the transition to sustainable food practices. It was found that the younger population is more open-minded towards food innovation, especially towards food made from insects, while acceptance is slightly lower among older people. Responses to the question about the acceptability of edible insects as animal food showed a relatively high level of open-mindedness across all age groups, with 25-45 year olds proving to be the most open-minded.

Due to the wide availability of insects, ease of cultivation and high yields on growth substrates, we focused our experimental work on the bioprocess of the black soldier fly (*Hermetia illuscens*). Through a series of quantitative determinations of the analytical parameters Weende and total fluoride, we were able to gain a comprehensive insight into the compositional profile of the larvae of the model organism and shed light on their potential use in various fields, particularly in agriculture.

KEYWORDS: Black soldier fly, *Hermetia illuscens*, larvae, Weende analysis, crude fats, crude proteins, dry matter, crude ash, fluoride, survey

1. UVOD

V zadnjem času smo priča vse večji rasti prebivalstva, kar močno vpliva tudi na vse večje potrebe po hrani. Če se bodo današnji trendi nadaljevali, se bo morala proizvodnja hrane v naslednjih letih podvojiti. Slednje bo še povečalo vpliv podnebnih sprememb na že tako preobremenjeno okolje. Podnebne spremembe hkrati otežujejo proizvodnjo hrane, saj se zemljišča, primerna za kmetovanje, hitro krčijo. V prihodnosti se bomo vse pogosteje srečevali tudi s pomankanjem neobnovljivih virov, kot na primer naftnih derivatov in umetnih gnojil. Velik izziv današnjega gospodarstva tako povzroča vse večje kopičenje odpadnih organskih surovin, za kar bo potrebno razviti tudi načine ponovne uporabe ali uničenja (FAO, 2013).

Da bomo lahko zadostili potrebam po hrani, se bo morala proizvodnja krme do leta 2050 povečati za 70 %, ocenjuje Organizacija združenih narodov. Trenutno sestavine za krmo živali predstavljajo predvsem ribja moka soja in žito. Zaradi podnebnih sprememb in obsežnega ribolova bo omenjenih surovin kmalu začelo primanjkovati, zato se bo cena krme začela močno dvigovati. Vse višja cena ribje in sojine moke spodbuja razvoj alternativnih trajnostnih virov beljakovin. Žuželke so iz vseh vidikov zelo privlačen vir beljakovin za krmo. Imajo namreč majhen okoljski vtis, lahko jih gojimo na majhnih površinah, imajo podobno aminokislinsko sestavo kot ribe in moka ter uspevajo na različnih substratih. Žuželke predstavljajo tudi rešitev za kopičenje odpadnih organskih surovin, saj jih lahko izkoriščajo kot substrate in pretvarjajo v organska gnojila (FAO, 2013; Pinotti et al., 2019; Jeran et al., 2023). Žuželke so prinesle obete tudi na področju prehrane, imajo neizrazit okus, zato jih lahko vkomponiramo v različne jedi. Če jih zmlete vključimo v moko, jedem povečamo proteinsko in kalorično vrednost. V jed jih lahko vključimo tudi cele. Med drugim jih lahko uporabimo v različnih vrstah jedi, npr. v energijskih ploščicah, oz. v bolj kompleksnih jedeh, kot je napirmer Pad Thai (Jeran & Bonin, 2024). Poleg uporabe v prehrani, imajo žuželke velik potencial tudi na področju farmacije.

Pričujoče raziskovalno delo smo zasnovali v dva večja vsebinska sklopa. Prvi del, ob pomoči ankete in statistične analize, raziskuje potrošniško naravnost prebivalcev Republike Slovenije pri prehodu na bolj trajnostni prehranski sistem. V drugem, eksperimentalnem delu, smo ob pomoči bioprocesa pripravili vzorce ličink črne bojevniške muhe. Skozi različna obdobja krmljenja z različnimi substrati smo v nadaljevanju, po končanem procesu, ob pomoči Weendske analize in skupnega fluorida, določili njihove karakteristike. Pridobljeni rezultati so precej obetavni in razkrivajo vpliv substrata in starosti ličink na produkcijo omenjenih kemijskih komponent. Rezultati odpirajo pot novim trajnostnim pristopom na področju t. i. biokmetovanja (*angl.* biofarming).

2. TEORETIČNI DEL

2.1 SPLOŠNI KONTEKSTI

V današnjem času je vse večji izziv zadostiti povpraševanju po hrani in hkrati omiliti učinke, ki jih v naravi pušča masovno pridelovanje hrane. Človeška populacija hitro narašča in je že presegla mejo 8. milijard, po ocenah Združenih narodov, naj bi do leta 2050 dosegli 9,7 milijard. Zaradi hitre rasti populacije, bo v prihodnosti naraščalo tudi povpraševanje po hrani in krmi za živali. Glede na trenutni trend rasti prebivalstva, bi se morala proizvodnja hrane v naslednjih letih močno povečati, kar bi pomenilo še večji pritisk na že tako preobremenjeno okolje. Že danes se soočamo z naraščajočim trendom lakote v svetu. Po podatkih WHO naj bi število ljudi, ki trpijo za lakoto, od leta 2019 naraslo za kar 122 milijonov. V prihodnosti se bomo vse pogosteje soočali tudi s pomankanjem kmetijskih zemljišč in neobnovljivih virov, predvsem naftnih derivatov in umetnih gnojil. Vse bolj bo na udaru tudi biotska pestrost, zato si prizadevamo poiskati nove alternativne vire hrane in krme, ki ne bi samo zmanjšali deleža lakote med ljudmi, temveč bi tudi omilili vpliv na okolje (FAO, 2013).

S klasičnim način kmetovanja (poljedelstvom in živinorejo) kmalu ne bo več mogoče zadostiti naraščajočim potrebam po hrani. Še posebej ne potrebam po živalskih proteinih. Klasični načini živinoreje potrebam že zdaj komaj zadostujejo, poleg tega imajo velik okoljski odtis in pripomorejo k podnebnim spremembam. Te še bolj otežujejo kmetijstvo in se odvijajo hitreje, kot jim lahko sledimo. Da bi zadostili povpraševanju po hrani, bi se morala proizvodnja v naslednjih letih skorajda podvojiti, kar je, glede na trenutne razmere, skorajda neizvedljivo. Poleg pomanjkanja hrane, predstavlja velik izziv tudi vse večja količina odpadnih organskih surovin, zato bomo v prihodnosti primorani iznajti načine za uporabo ali uničenje le-teh.

2.1.1 ŽUŽELKE KOT TRAJNOSTNI VIR BELJAKOVIN ZA KRMO

Po ocenah Organizacije za prehrano in kmetijstvo Združenih narodov – FAO (*angl.* Food and Agriculture Organization of the United Nations), se bo morala proizvodnja krme, da bi lahko leta 2050 proizvedli zadosti hrane, povečati za kar 70 %. Trenutno sestavine za krmo predstavljajo predvsem ribja moka, soja in žito. Veliko oviro pri nadaljnjem razvoju, zaradi podražitve surovin in vse višjih cen energije, predstavljajo visoki stroški krme. Ena izmed možnih rešitev za pridobivanje trajnostnih virov beljakovin, ki jih vključujemo v krmo rejnih živali, so tudi žuželke. V EU se za krmo lahko uporabljajo predelane beljakovine iz sedmih vrst žuželk. Povečano zanimanje in povpraševanje po krmi, pridobljeni iz žuželk, bo v prihodnosti najverjetneje še znižalo prodajno ceno le-teh, ki trenutno še niso konkurenčne preostalim virom beljakovin, ki se uporabljajo v krmi živali. V ta namen so posebej uporabne ličinke muh, saj vsebujejo veliko živalskih beljakovin in jih je mogoče hitro, z nizkimi stroški proizvesti na stranskih organskih proizvodih. Dve glavni vrsti muh, ki se uporabljata kot alternativni sestavini živalske krme, sta črna bojvniška muha (*Hermetia illucens* L.) in domača muha (*Musca domestica* L.) (FAO, 2013; Pinotti et al., 2019).

Naraščajoča cena sojine in ribje moke, ki trenutno veljata za glavna vira beljakovin v krmi, vse bolj spodbuja zanimanje za alternativne vire beljakovin. Žuželke so z vseh vidikov zelo privlačen vir beljakovin za krmo. Imajo namreč majhen okoljski vpliv, aminokislinska sestava moke iz žuželk

pa je podobna sestavi ribje in sojine moke. Cena krme iz žuželk je trenutno višja od cene krme iz sojine moke, vendar se pričakuje, da bo cena padala zaradi povečevanja proizvodnje. Po podatkih PROteINSECT (2016) je vrednost moke žuželk dvokrilcev vsaj dvakrat večja od sojine, vendar manjša od ribje moke. Pinotti in sodelavci (2019) so poročali, da bi lahko bile cene za krmo na osnovi molarja in črne muhe še višje, saj stanejo šest oziroma devetkrat več na enoto beljakovin kot krma, pridobljena iz soje (Pinotti et al., 2019). Industrijska proizvodnja ličink muh se razvija po vsem svetu, zlasti vzreja črnih bojovniških muh, katerih ličinke se trenutno najpogosteje uporabljajo v živalski krmi. Svetovni trg za vzrejo žuželk kot krme je bil leta 2018 ocenjen na 688 milijonov dolarjev, do leta 2024 naj bi dosegel 1,4 milijarde dolarjev (Pinotti et al., 2019).

2.1.2 UPORABNOST ŽUŽELK V ČLOVEŠKI PREHRANI

Žuželke so prisotne v človeški prehrani že od nekdaj. Na svetovni ravni je v vsakodnevno prehrano vključenih 1.500 vrst žuželk v 113 različnih državah (predvsem v azijskih in afriških državah), vendar jim določene kulture (predvsem zahodni svet) niso naklonjene. Marsikdo na žuželke gleda kot na škodljivce in grožnjo pridelani hrani. Večina ljudi v zahodnem svetu zato na njih gleda z gnusom in odporom in niti ne pomislijo, da bi jih vključili v vsakdanjo prehrano (Varelas, 2019). Na globalni ravni, so najpogosteje zaužite žuželke hrošči (31 %) in gosenice (17 %), sledijo jim mravlje, čebele, ose, kobilice in črčki. Zadnja leta je gojenje žuželk pritegnilo veliko pozornost, saj se jih smatra kot alternativne in trajnostne vire pri prehrani ljudi. Žuželke so pomembne predvsem zaradi visoke kalorične vrednosti in učinkovitega pretvarjanja organskih snovi/rastnih substratov v beljakovine, poleg navedenega pa v primerjavi z mesno industrijo v naravi puščajo veliko manjši ekološki odtis. Med žuželkami se je za najbolj obetavnega za komercialno gojenje izkazal molar (Jeran et al., 2023).

Molar (*Tenebrio molitor*) je črne barve, ovalne oblike in zraste do 16 mm. Molar spada v red hroščev in izvira iz Evrazije, od koder se je razširil že po vsem svetu. V prehranski industriji so zaradi visoke vsebnosti kovin in maščob cenjene predvsem ličinke molarjev. Do stopnje ličinke, ki je primerna za uživanje, potrebujemo le 3 mesece in obenem proizvedemo manj emisij ogljikovega dioksida. Molarje zaradi njihovega blagega okusa po oreščkih brez težav vključimo v naš vsakdanji hranilnik (primer: proteinske ploščice ali pa v bolj kompleksne jedi, kot je na primer Pad Thai). V jedi jih lahko vključimo cele oz. jih zmeljemo v moko in jo uporabimo v pečenih jedeh, da jim povečamo proteinsko in kalorično vrednost. Po nekaterih državah uporaba molarjev že prehaja v aplikativno rabo, med tem, ko pri nas predstavljajo še relativno neuporabljen prehranski dodatek (Jeran & Bonin, 2024).

Pozitivna lastnost žuželk je tudi, da za njihovo gojenje ne potrebujemo posebnih gojišč, zadostujejo jim organski odpadki, ki jih v današnjem svetu najdemo v vse večjih količinah. Žuželke je mogoče gojiti na več različnih substratih, kot so na primer stranski produkti kmetijske pridelave (pšenični otrobi, pivske tropine in gospodinjski odpadki). To pomeni, da gojenje žuželk ni le cenejše, temveč tudi veliko preprostejše (Jeran et al., 2023; Verlič, 2021). Različni substrati bistveno vplivajo na proces gojenja in na izkoristek (donos), saj vplivajo na vsebnost surovih beljakovin, vlaknin, maščobnih kislin in podobno (Verlič, 2021). Pri uporabi žuželk še posebno veliko pozornosti dobiva biopretvorba, saj so raziskave pokazale, da so nekatere uporabne žuželke zmožne predelave stranskih proizvodov in ostankov v proizvode z visoko vrednostjo, kot so na primer beljakovine, lipidi, biogoriva, mazila in gnojila. Pri biopretvorbi se pogosto omenja tudi črna bojovniška muha

in mokaerje, saj pretvarjajo organske odpadke v beljakovine. Ob obravnavi le-teh pa ne smemo zanemariti niti njihovih iztrebkov, saj so se izkazali kot odlično gnojilo, ki bi lahko nadomestilo ostala mineralna gnojila. Njihovi iztrebki so učinkoviti kot mineralno gnojilo, ki povečuje biomaso ter privzema dušik. Med drugim vsebujejo tudi mikrohranila, kot sta baker in cink, nujno potrebna za rast rastline (Jeran et al., 2023).

Kot orodje za obdelavo organskih odpadkov in živinskega gnoja, se uporablja tudi črna bojvniška muha. Hрани se z odpadno zelenjavo, sadjem, živalskimi ostanki in iztrebki. Ličinke lahko zmanjšajo količino gnoja za 44 %, kuhinjske odpadke za 67,9 %, ribje odpadke za 74,2 % ter sadne in zelenjavne odpadke za 98,9 % (Nakamura et al., 2015).

2.2 RAZLOG ZA RAZISKOVANJE UPORABE ŽUŽELK

Gojenje žuželk zadnja leta privablja vse več pozornosti, tako med raziskovalci kot tudi med javnostjo. Smatra se jih kot najboljši trajnostni vir hranil tako za človeško prehrano, kot tudi za živalsko krmo. Entomofagija (uživanje žuželk) je zaželena predvsem iz treh razlogov:

- 1.) Žuželke so dobra alternativa ostalim beljakovinskim živalskim produktom, kot so piščanec, ribe in govedina. Rumpold in Schlüter sta leta 2013 objavila članek, v katerem sta prikazala hranilno sestavo užitnih žuželk. Ugotovila sta, da so le-te bogate tudi z maščobnimi kislinami ter prehranskimi vlakninami in so dober vir mikrohranil kot so železo, magnezij, fosfor in drugi. Med vitamini v žuželkah lahko zasledimo riboflavin, pantotensko kislino, biotin in druge (Rumpold & Schlüter, 2013). Prehranska sestava žuželk je sicer raznolika, vendar nanjo vplivajo različni dejavniki. Mednje uvrščamo sestavo gojišča, razvojno stopnjo in okoljske dejavnike. Ugotovljeno je bilo, da imajo črčki najvišjo kakovost beljakovin, ki so hkrati tudi najlažje prebavljive (Oibiokpa et al., 2018).
- 2.) Korist za okolje. Gojenje žuželk, v primerjavi z živinorejo, proizvaja veliko manj toplogrednih plinov. Metan proizvaja le nekaj skupin žuželk. Gojenje žuželk ne zahteva velikih površin in ni nujno, da poteka na kopnem. Za proizvodnjo enega kilograma užitnih žuželk je potrebno desetkrat manj površine, kot za proizvodnjo enega kilograma svinjine. Nastale emisije amonijaka pri gojenju so nižje od tistih, ki nastajajo pri klasični živinoreji. Ker so žuželke hladnokrvni organizmi, zelo učinkovito pretvarjajo krmo v beljakovine. Potrebujemo kar 12-krat manj krme kot govedo. Veliko prednost pri gojenju žuželk predstavlja dejstvo, da lahko žuželke za krmo uporabijo organske odpadke, kar hkrati rešuje še težavo s velikimi količinami le-teh. Za gojenje žuželk potrebujemo manj vode kot pri klasični živinoreji (pogosto lahko svoje potrebe po vodi zadostijo s krmo ali substratom), nekatere vrste žuželk (mokaerji) so celo bolj odporne na sušo kot govedo. Žuželke je možno gojiti skozi celotno leto. Kmetje jih lahko zaradi visoke stopnje plodnosti nabirajo večkrat letno. Poleg omenjenega je žuželke mogoče gojiti v majhnih prostorih, kar ne omogoča samo gojenja na podeželju, temveč tudi v mestu in ostalih, za kmetijstvo manj primernih predelih.
- 3.) Poraba energije. Poraba energije za pridelavo kilograma žuželk je manjša kot poraba energije za proizvodnjo kilograma govedine. Slednja je primerljiva s porabo energije potrebno za pridelavo kilograma svinjine, in je sicer nekoliko višja kot poraba energije za proizvodnjo kilograma perutnine. Poraba energije pri gojenju žuželk je posledica

vzdrževanja temperature v obratih za gojenje, ki mora med procesom dosegati vsaj 23 °C (Oonincx & de Boer, 2012; Verlič, 2021). Mogoče bi bilo (v kombiniranih sistemih) uporabiti presežek presnovne toplote, ki ga proizvedejo ličinke mokařja. Za vzrejo manjših ličink žuželk bi se lahko za vzdrževanje toplote v obratih, uporabljali presežki temperature, ki jo ustvarjajo obrati, kot so na primer kompostarne (Salomone et al., 2017).

Gojenje žuželk lahko poteka v manjših obratih za samooskrbo, lahko pa se izvaja v večjem merilu. Ravno zaradi »mini-reje« lahko žuželke gojimo tako na podeželju kot tudi v mestih. Veliko pozornosti se posveča potencialu užitnih žuželk za izboljšanje prehranske varnosti (preskrbe s hrano), predvsem v delih sveta, kjer hrane primanjkuje. Z vzrejo žuželk se zagotovi tudi učinkovitejša uporaba zemljišč, kar je pomemben korak pri zagotavljanju prehranske varnosti (Oonincx & de Boer, 2012; Salomone et al., 2017).

Med žuželkami so, predvsem zaradi svoje produktivnosti in učinkovitosti razmnoževanja, za veliko proizvodnjo najbolj primerne ličinke črne bojevniške muhe (*H. illucens*), ličinke mokařja (*T. molitor*) in ličinke navadne domače muhe (*M. domestica*) (Oonincx & de Boer, 2012; Salomone et al., 2017).

2.3 POTRNOŠNIKOVO VEDENJE

2.3.1 ŽUŽELKE V ČLOVEŠKI PREHRANI

Čeprav smo ljudje, biološko gledano, vsejedi, se v praksi izkaže, da temu ni tako. Potrošniki izbirajo hrano na podlagi velikega števila različnih kriterijev. Pogosto se izkaže, da sta najpomembnejša dejavnika vonj in okus. Na žalost pa privlačen vonj in okus nista ravno znani kvaliteti žuželk. Zaradi njiju se v družbi vse splošno ustvarjajo predsodki o uživanju žuželk. Študije čeških in ameriških znanstvenikov so pokazale, da je bilo 80 % vprašanih ljudi pripravljenih uživati hrano bogato s proteini iz poljskih murnov (*Gryllus campestris*), saj poskusne proteinske ploščice, ki so vsebovale njihove proteine, niso imele nenavadnega okusa in vonja (Onwezen et al., 2021).

Poleg okusa in vonja je identificiranih še več različnih dejavnikov, ki vplivajo na mnenje potrošnikov o uživanju žuželk. Socialnodemografski dejavniki, spol, starost, stopnja izobrazbe, verska prepričanja in kvaliteta življenja, so le nekateri izmed njih. Dvainpetdeset študij, ki so proučevale vpliv spola na naklonjenost do uživanja žuželk, je dokazalo, da imajo moški večjo toleranco in naklonjenost do žuželčje hrane. V 71 % študij, v 34,6 % primerov, pa spol ni vplival na preiskovane postavke. Moški so statistično bolj pripravljeni kupiti in poskusiti neprocesirane žuželke in burgerje iz insektov. Statističnih razlik v pripravljenosti uživanja procesirane hrane ni bilo zaznati (Kröger et al., 2022).

Študije so v večini pokazale, da med starostjo in naklonjenostjo do uživanja hrane iz žuželk ni vidne povezave. V 36 % primerov je razvidno, da se s starostjo želja po eksperimentiranju manjša. Mlajša populacija je v primeru s starešo bolj željna novosti. Le v 5,6 % študijah se je izkazalo, da so bili starejši bolj pripravljeni uživati hrano iz žuželk kot mladi. Raziskan je bil tudi faktor izobraženosti. V 19 izvedenih študijah se je izkazalo, da je v 42 % primerov poskušanje hrane privlačilo posameznike z višjo stopnjo izobrazbe. Študije so pokazale tudi, da verska izpoved in finančno stanje posameznikov nimata nobenega vpliva na odnos le-teh do žuželčje hrane. Poleg vsega je potrebno upoštevati še dejavnike posameznikove osebnosti in čustev, ki so ključnega pomena. Izpostaviti je potrebno predvsem občutek gnusa. V zahodnih kulturah ideja o uživanju žuželk pogosto vzbuja gnus, ta pa v večini primerov sploh ni usmerjen proti žuželkam samim,

ampak ima bolj neofobijske korenine. Neofobija je splošno znana kot pretiran strah pred nečim novim oziroma nepoznanim. Iz omenjenega je precej razvidno, da bi bil za promocijo žuželčnih izdelkov potreben strateški pristop, saj žuželke same v družbi niso najbolj sprejete. Tudi na tem področju so bile izvedene številne študije, ki so raziskovale, kako različne embalaže izdelkov vplivajo na želje potrošnikov po nakupu. Pričakovano so dokazale, da bi se bilo potrebno izogibati kakršnimkoli eksplicitnim slikam žuželk, saj le-te povečajo strahove in prehransko neofobijo ter s tem znižajo prodajo izdelka in zanimanje zanj. V dveh izvedenih študijah se je izkazalo, da informacije o žuželkah, v obliki loga, prinesejo pozitiven odziv. Zanimanje za tovrstne izdelke se je povečalo, potrošniki so jih bili pripravljeni kupiti. Hkrati se je izkazalo, da certifikat o preverjenosti izdelka, ki zagotavlja njegovo legalnost in ustreznost, hkrati pa dokazuje preverjenost okoljske varnosti izdelka, ne poveča potrošnikove namere nakupa oz. nanjo nima statističnega vpliva. Informacije o hranilni vrednosti izdelka drastično povečajo potrošnikovo zanimanje za tovrstne izdelke, saj je hrana iz žuželk zelo bogata z različnim hranilnimi snovmi (Kröger et al., 2022; Onwezen et al., 2021).

Proizvodnja mesa in povpraševanje po njem se na globalni ravni vsakodnevno povečuje, zato je potreba po alternativnih virih proteinov za krmo rejnih živali ogromna. Statistični podatki nam jasno kažejo, da so alternativni viri proteinov manj ugodni od npr. soje, saj so cenovno precej dražji. Izkaže se, da je 1 tona soje trenutno vredna 325 Eur, 1 tona beljakovinske moke iz žuželk pa se giblje med 3500 in 5000 Eur. Visoka cena moke bi zagotovo poskrbela, da bi tudi končna cena mesa pridelanega iz živali, ki so bile hranjene z omenjenimi mokami, bila precej visoka in cenovno neugodna. Večina potrošnikov pri izdelku najprej pogleda ceno, zato bi bilo, za uporabo alternativnih virov proteinov, nujno potrebno doseči, da bi bila njihova cena konkurenčna soji oz. podobnim virom beljakovin. Čeprav se splošno ozaveščanje o okoljskih problemih, ki jih povzroča proizvodnja mesa, izboljšuje, potrošniki tem temam še vedno namenjajo premalo pozornosti. Za naše okolje in prihodnost bi bilo precej bolje, če bi bili pripravljene odšteti kakšen evro več za izdelek, ki je bil pridelan iz živali, hranjene z okolju manj škodljivimi alternativnimi viri proteinov (Kröger et al., 2022; Weinrich & Busch, 2021).

Omenimo še eno študijo, kjer je bilo med 30 in 45 % respondentov pripravljenih kupiti prehranske izdelke, čeprav na njih piše, da so bile živali hranjene z žuželkami oz. z mikroalgami. Približno tako velik odstotek ljudi je odgovoril, da jim je vseeno kako so bile hranjene živali, iz katerih je njihovo kupljeno meso. Manj kot 10 % je takšnih posameznikov, ki kažejo odpor proti mesu iz živali, ki so jih hranili z alternativnimi viri proteinov. Vse to nam pokaže, da je dejansko cena edina oz. največja ovira pri prodaji mesa pridelanega iz alternativnih virov proteinov, in ne žuželke same (Weinrich & Busch, 2021).

2.3.2 ŽUŽELKE V PREHRANI ŽIVALI

Kot že omenjeno, ljudje nismo najbolj naklonjeni neposredni prisotnosti žuželk v naši prehrani. Raziskave so pokazale, da obstaja več dejavnikov, ki vplivajo na odnos ljudi do hrane iz žuželk. Ravno zaradi te nenaklonjenosti, se zadnje čase vse bolj razvija uporaba žuželk v krmi živali, ki jih nato uporabimo za prehrano ljudi. Taka raba žuželk se vse bolj širi po svetu, pri nas pa še ni v vsakdanji rabi (Jeran et al., 2023).

Evropska komisija je nedavno odobrila uporabo predelanih živalskih beljakovin iz sedmih vrst žuželk za krmo, ki se uporablja v ribogojstvu (Uredba (EU) 2017/893). Na podlagi trenutno

veljavnih uredb EU se za krmo monogastričnih živali lahko uporablja žive ali nepredelane (obdelane ali neobdelane) mrtve žuželke. Povečanje zanimanja in povpraševanja po žuželah, ki bo v prihodnosti verjetno še naraščalo, bo najverjetneje povzročilo znižanje prodajne cene žuželk, ki do zdaj še vedno ni konkurenčna, v primerjavi z drugimi viri beljakovin, ki se običajno uporabljajo v krmu. Začetne študije o sprejemanju živali, hranjenih z žužerkami, so pokazale pozitiven odnos potrošnikov (Verbeke et al., 2015).

V obsežni raziskavi, ki je vključevala 1300 potrošnikov 71 držav – v Združenem kraljestvu, državah EU in na vzhodu (vzhodna Azija, Ruski vzhod in jugovzhodna Azija) je projekt PROTeINSECT pokazal, da je 73 % potrošnikov pripravljen jesti ribe, piščanca ali svinjino, ki so jih hranili z beljakovinami žuželk. Poleg tega je več kot 80 % vprašanih želelo izvedeti več o uporabi žuželk, pri čemer jih 64 % v neposrednem uživanju žuželk ni videlo nobenega tveganja.

Neves (2015) je preučeval sprejemanje žuželk v krmu za živali. V raziskavo je vključil 363 norveških potrošnikov in 303 portugalske potrošnike. Dobljeni rezultati so pokazali veliko sprejemanje rib, hranjenih s krmo iz žuželk v obeh državah, z znatno večjim sprejemanjem med norveškimi potrošniki. Kasnejša francoska raziskava, v kateri je sodelovalo 327 potrošnikov je pokazala, da je bila večina potrošnikov pripravljena sprejeti postrv, hranjeno z žužerkami. Potrošnike so predhodno informirali o pozitivnem vplivu hranjenja s tovrstno krmo na okolje. Ugotovili so, da bi potrošniki posegli po nakupu take postrvi le v primeru njene nižje cene (Bazoche & Poret 2016).

Novejša evropska raziskava je vključevala 180 potrošnikov in rejcev s Škotske. Osredotočena je bila na odnos do vključevanja posameznih krmil, pridobljenih iz gojenih ličink žuželk, v komercialno krmo za lososa (Popoff et al., 2017). Proizvajalci krme in rejci lososa so bili na splošno odprti za uporabo moke iz žuželk, pod pogojem, da je bila krma varna, zanesljiva in konkurenčna ter da so proizvajalci imeli dodatne prednosti (Popoff et al., 2017). Večina potrošnikov je bila pripravljena jesti ribe, hranjene z žužerkami, medtem ko bi 36 % potrošnikov za uživanje takšnih rib potrebovalo dodatne vzpodbude (npr. enaka ali nižja cena, zagotovitev varnosti rib in nespremenjen okus rib). Pomembno je tudi poudariti, da je večina ljudi menila, da primeren substrat in hrano za žuželke predstavljajo živilski odpadki, le znaten delež potrošnikov je menilo, da so živalski gnoj, klavniški odpadki in odplake primerni za gojenje žuželk. Vsebina substrata in izvor hranil za žuželke je vplival na njihovo pripravljenost za nakup rib, hranjenih z žužerkami (Popoff et al., 2017). O sprejemanju žuželk kot del prehrane živali, poroča tudi Italijanska študija 341 potrošnikov. Ugotovljeno je bilo, da je okvirno 53 % potrošnikov pripravljen uživati ribe in druge živali, vzrejene s krmo na osnovi žuželk. Izid je bil pripisan dejstvu, da ribe in številne druge gojene živali (kot so perutnina in prašiči) jedo žuželke že v svoji običajni prehrani, v naravnem okolju. V primerjavi z ženskami, je bila moška populacija tako mnogo bolj naklonjena uživanju omenjenim izdelkom. Mlajši potrošniki in posamezniki z višjo stopnjo izobrazbe, so bili prav tako bistveno bolj pripravljeni sprejeti žuželke v krmu za živali (Popoff et al., 2017).

2.4 ŽUŽELKE IN ZNANSTVENO-RAZISKOVALNO DELO

2.4.1 SISTEMATIČEN PREGLED ŽUŽELK

Uživanje žuželk ni v svetu nič novega, saj je prisotno v številnih kulturah iz Afrike, Azije, Južne in Srednje Amerike, Avstralije ter Nove Zelandije. Najpogosteje globalno zaužite žuželke so hrošči

(31 %), gosenice (17 %), mravlje, čebele in ose (15 %), kobilice in črički (14 %), polkrilci (11 %), termiti (3 %) muhe (2 %) in ostale vrste (3 %) (FAO, 2013).

Črna bojovníška muha spada v red dvokrilcev, v družino *Stratiomyidae*, v katero je vključenih 2620 različnih poznanih vrst. Je zelo razširjena in jo lahko najdemo povsod po svetu. Muha v osnovi izhaja iz Južne Amerike, vendar se je z globalizacijo razširila najprej v zmerna in tropska podnebja. Od tam se je počasi začela širiti proti Evropi, kjer je bila leta 1926 prvič videna na Malti. Prisotna je v skoraj vseh evropskih državah, vključno s Slovenijo (Duzell, n.d.; Verlič, 2021).

Tabela 1: Taksonomska kategorizacija črne bojovníške muhe (Verlič, 2021).

Kraljestvo:	živali
Deblo:	členonožci
Razred:	insekti
Red:	dvokrilci
Družina:	Stratiomyidae
Rod:	Hermetia
Vrsta:	<i>illucens</i>

Črna bojovníška muha je velika muha z videzom podobnim osi. Pojavlja se v različnih barvah, od rumene, zelene do modro črne. Njena glava je majhna in ožja od telesa, oči so sestavljene, dokaj velike in široko razmaknjene. Med sestavljenimi očesi imajo še tri manjša očesa v obliki enakostraničnega trikotnika (Verlič, 2021). Njene antene so temno rjave do črne, izstopajo neposredno v sredini glave, s stranskega pogleda s črnimi dlačicami. Kot pri drugih dvokrilcih, je oprsje glavni del telesa, kjer se nahaja samo en par rjavih kril, pri čemer je drugi par samo majhen izrastek oprsja, imenovan halter. Ta pomaga pri lovljenju ravnotežja in usmerjanju med letom. Na oprsju se nahajajo vsi trije pari nog. Ima tudi dolg in vitek zadek črno ali rjavo-bele barve. V povprečju odrasla muha meri od 15 do 20 mm. Med moškimi in ženskimi črnimi bojovníškimi muhami obstaja spolna dimorfija, pri čemer so samice v povprečju večje od samcev (Duzell, n.d.).

Celoten življenjski cikel črne bojovníške muhe traja od 40 do 45 dni. Sestavljen iz štirih faz: jajčece, ličinka, pupa in odrasla muha. Generacijski cikli so odvisni od geografske regije v kateri se nahajajo organizmi. V regijah z zmerno temperaturo kot je npr. Evropa, se zamenja ena generacija na leto, v regijah z višjimi temperaturami, kot je južni del Združenih držav Amerike, pa imajo tri generacijske cikle na leto, medtem ko imajo tropske regije, kot je Argentina, tudi do 9 generacijskih ciklov. Že drugi dan po izvalitvi se po navadi odrasle žuželke začno pariti. Parijo se ob robu gozda kjer samčki na rastlini preživijo na samice, ko jih opazijo, se parita v zraku. Svetloba je pomemben dejavnik uspeha parjenja, saj parjenje ne poteka pri nizki svetlobni intenziteti. Sončna svetloba spodbuja večjo plodnost in izleganje ličink. V naravnem okolju samička *H. illucens* izleže med 500 in 900 belih jajčec ovalne oblike, ki v dolžino merijo 1 mm in jih odloži v bližino vlažnega organskega materiala (kot vir hrane), kot so gnoj, kompost ali smetišče. Samice preživijo največ 9 dni po odlaganju jajčec (Duzell, n.d.; Verlič, 2021).

Po štirih dneh se iz jajčec izležejo ličinke. Prav tako belega do rumenega barvnega otenka z rdeč-rjavo glavo, ki imajo močan ustni aparat. V naslednjih 14 dneh se bo ličinka 6-krat levila. Od prve do četrte levitve se pri ličinki spremeni samo velikost in manjša sprememba glave. Pri peti levitvi,

poleg grobega in izboklinastega izgleda, ličinka doseže polno velikost in se obarva sivo. Samec doseže polno velikost dolžine pri približno 17-18 mm in širine 6 mm, samice pa pri približno 21-23 mm dolžine in 6 mm širine. Zadnja levitev se konča 18 dni po izvalitvi iz jajčeca. Ličinka se obarva zelo temno, utrdil se je glavni del glavka in dobila je ocelli, kar označuje zelo preprost očesni organ (Duzell, n.d.; Verlič, 2021).

Sledi pupacija, ki poteka znotraj eksoskeleta ličinke, traja približno 8 dni in poteka v štirih fazah (Duzell, n.d.; Verlič, 2021): (1) levitev, (2) kriptocefalična pupa, (3) faneocefačna pupa in (4) faratni odrasli.

Prvo stopnjo ličinka začne, ko v hladnem in mirnem okolju najde substrat. Tam začne s 6 ur trajajočim postopkom levitve. V tej fazi eksoskelet otrdi in postane neprozoren. Ob tem se barva oči spremeni iz rdeče v belo ali prozorno. Ko se levitev konča, se preneha konstantno prehranjevati, preide v drugo fazo, kriptocefalične pupe, ki traja od 14 do 16 ur in vključuje oblikovanje utrjenega, neprozornega in pigmentiranega puparja. Pričnejo se razvijati prsni koš, glava ter ustne strukture. Pravimo, da so v fazi prepupe. V tem času se oblikuje puparij, kasneje se razvije pupa (Duzell, n.d.; Verlič, 2021). Tretja faza, faneocefačna pupa, je čas, ko pride do razvijanja glave, prsnega koša in trebuha faratne odrasle muhe (t.j. muhe, ki še ni zapustila pupe) do točke, kjer se jih da razločiti, kar traja približno 12 do 16 ur (Duzell, n.d.; Verlič, 2021). Četrta in zadnja faza, faratna odrasla muha, je najdaljša razvojna faza, pri čemer je odrasla muha popolnoma razvita po 5 dneh in izstopi po 7 dneh. V tej fazi se barva oči spremeni 4-krat. Na začetku so rumene barve, zatem se spremenijo v roza odtenek, sledi rdeča barva in na koncu dobijo značilno rjavo barvo. V tej fazi se črna bojovniška muha dokončno razvije in kmalu zatem zapusti pupo (Duzell, n.d.; Verlič, 2021).

Temperatura in vlaga močno vplivata na dolžino življenja odrasle muhe. Pri višjih poletnih temperaturah živi samo 5-8 dni, pri sobni temperaturi pa lahko preživi do dva tedna (Verlič, 2021).

2.4.2 PREHRANSKA SESTAVA ŽUŽELK

Znano je, da so insekti bogat vir beljakovin. Raziskovalci so ocenili vsebnost beljakovin 100 vrst številnih redov insektov. Raziskave kažejo, da se vsebnost beljakovin giblje med 13 in 77 % suhe mase. Vsebnost zavisi od vrste insektnega reda, razlike je mogoče zaznati celo znotraj samih redov. Vrsta Orthoptera, bolj znana kot kobilice ali črički, je praviloma bogatejši vir proteinskih komponent. Zaradi navedenega, so insekti za ljudi uporaben in tudi zelo primeren vir beljakovin (Huis, 2013; Zhou et al., 2022). Bukkens je leta 1997 pokazal, da ima pražena gosenica vrste mopane (*Gonimbrasia belina*) nižjo vsebnost beljakovin (48 %), kot tista, ki je posušena (57 %). Enako velja za termite, pri katerih vsebnost surovih beljakovin znaša 20 %. Po postopku cvrtja je odstotek beljakovin poskočil na 32 %, med tem ko so jih s sušenjem uspeli doseči 37 %. Razlika je nastala kot posledica vsebovane količine vode. Vsebnost beljakovin je pri insektih visoka, zato lahko uživanje insektov pripomore k izboljšanju prehranske kakovosti, kadar vključuje beljakovine živalskega izvora (Huis, 2013).

Vsebnost beljakovin v insektih se tudi močno razlikuje glede na vrsto. Insekti se lahko za vsebnost beljakovin zelo dobro primerjajo s sesalci, plazilci in ribami. Vsebnost beljakovin je prav tako odvisna od hrane, ki jo insekti zauživajo, kot na primer žita, zelenjava, odpadki, ipd. Skakavci v Nigeriji, ki se hranijo z otrobi z visoko vsebnostjo esencialnih maščobnih kislin, imajo skoraj dvakrat višjo vsebnost beljakovin kot tisti, ki se hranijo s koruzo. Vsebnost beljakovin v insektih

je odvisna tudi od stopnje njihove razvitosti. Odrasle žuželke imajo običajno višjo vsebnost beljakovin kot ličinke (Huis, 2013).

V Mehiki so pri 78 ocenjenih vrstah določali vsebnost beljakovin. Ugotovili so, da se je njihova vsebnost gibala med 15 in 81 % suhe mase, od katere smo je zmožni prebaviti med 76 in 98 %. Podobne študije so bile izvedene na posameznih vrstah, kot so gosenica mopane (Headings & Rahnema, 2002) in poljski škržat (*Gryllus testaceus*) (Wang et al., 2004). Bukkens je leta 2005 analiziral vsebnost beljakovin 17 vrst gosenic družine *Saturniidae*, katere članica je tudi gosenica mopane. Ugotovil je, da imajo vsebnost beljakovin med 52 in 80 % suhe mase (Huis, 2013).

Beljakovine sestavlja 20 različnih aminokislin, vendar devetih (fenilalanin, valin, triptofan, treonin, izolevcin, metionin, histidin, lizin in levcin) naše telo ne more sintetizirati in jih je potrebno, zaradi prehranske potrebe, zaužiti s pomočjo drugih virov. Dognano je bilo, da so v beljakovinah insektov prisotne vse, za človeka potrebne, aminokisliline. Beljakovine žit, ki so ključne sestavine prehrane po vsem svetu, pogosto vsebujejo zelo majhne količine lizina, v nekaterih primerih, kot je na primer kuzuza, aminokislin triptofan in treonina sploh ni. Pri nekaterih vrstah insektov so navedene aminokisliline zelo dobro zastopane. Kot primer vzemimo več gosenic družine *Saturniidae*, kjer so v ličinkah palmovih hroščev in vodnih insektov vsebnosti lizina višje od 100 mg aminokisliline na 100 g surove beljakovine. Kot priporočila uporabe užitnih insektov, za obogatitve prehrane, je pomembno v celoti preučiti tradicionalne diete, zlasti glavne jedi, in primerjati njihovo prehransko kakovost z užitnimi insekti, na voljo v regiji v lokalni regiji. V Demokratični republiki Kongo dodajajo gosenice, bogate z lizinom, h glavnim jedem, katerim te aminokisliline manjka. Prav tako prebivalci Papue Nove Gvineje uživajo gomolje z nizko vsebnostjo lizina in levcina. Njun prehranski primankljaj ustrezno nadomestijo z uživanjem ličink palmovih hroščev. Vseskozi jim gomolji zagotavljajo triptofan in aromatske aminokisliline, ki jih v palmovih hroščih primanjkuje. V afriških državah, kot so Angola, Kenija, Nigerija in Zimbabve, kjer je kuzuza osnovna prehranska surovina, je pogosto prisotno pomanjkanje triptofana in lizina. Dieto ustrezno dopolnijo s termiti, med katerimi prevladuje vrsta *Macrotermes bellicosus* (Angola). Termiti so na tem področju sami sprejeti kot del tradicionalnih jedi. Potrebno je upoštevati tudi dejstvo, da vsi predstavniki termitov niso bogati z aminokislilinami, pomembnih za človeka. Ena takih je vrsta *Macrotermes subhyalinus* (Huis, 2013; Lopez & Mohiuddin, 2024; Zhou et al., 2022).

Vitaminski in mineralni imajo pomembno vlogo v bioloških procesih tako ljudi ljudi kot živali. Njihovo pomanjkanje lahko povzroči negativne zdravstvene učinke, med katere uvrščamo zaostajanje rasti in razvoja, pojava anemij ter vnetnih procesov v prebavilih. Razvijejo se lahko tudi druge bolezni, ki močno korelirajo s pomanjkanjem mikrohranil. Po statističnih podatkih, pomanjkanje mikrohranil, vsako leto povzroči približno milijon prezgodnjih smrti, kar kaže na potrebo po izboljšanju prehrane. Prebivalci planeta bi morali svojo skrb, poleg pridelave hrane, usmerjati tudi v ustrezno prehransko kakovost surovin. Tudi vitamine in minerale pogosto najdemo v insektih. Čeprav vitaminov običajno ne morejo sintetizirati sami, jih večinoma pridobijo s prehranjevanjem. Raziskave so pokazale, da lahko primankljaj mikrohranil pri ljudeh dopolnimo z uživanjem rib. Zaradi nabora širokega spektra vitaminov in mineralov, ki jih potrebuje človeško telo, so insekti zelo dostopen vir vitaminov in mineralov (Huis, 2013; Zhou et al., 2022).

Danes zelo dobro vemo, da insekti vsebujejo vitamine, kot so A, D2, D3, C, E in K ter tiamin, riboflavin, pantotensko kislino, niacin, piridoksin, folno kislino, D-biotin in vitamin B12. Bukkens je leta 2005 pokazal, da se vsebnost tiamina, znanega tudi kot vitamin B1, pri večini insektov giblje

med 0,1 in 4 mg na 100 g suhe snovi. Riboflavin, znan tudi kot vitamin B2, se giblje med 0,11 in 8,9 mg na 100 g. Za primerjavo, polnozrnat kruh, na 100 g suhe snovi, vsebuje le med 0,16 in 0,19 mg vitaminov B1 in B2. Vitamin B12 se pojavlja le v hrani živalskega izvora in je pri vsebnosti 0,47 µg na 100 g, dobro zastopan v ličinkah mokařja (*Tenebrio molitor*). V hišnih škržatih (*Acheta domestica*) ga je mogoče zaznati pri vsebnosti 5,4 µg na 100 g, za odraslo žuželko in vsebnosti 8,7 µg na 100 g, pri nimfah. Kljub temu, da ima veliko vrst žuželk zelo nizke ravni vitamina B12, je potrebno opraviti še več raziskav identifikacije užitnih insektov, ki bi lahko postali bogat vir omenjenega vitamina. Nekatere študije so pokazale relativno visoke ravni vitamina B12, posebej pri potapljaških hroščih in kobilicah. Vsebnost niha med 89,5 in 65,8 µg na 100 g suhe teže. V insektih je vsebnost vitaminov tesno povezana z njihovo vrsto, okoljem rasti, virom hrane in razvojno stopnjo. V kobilicah in hroščih je na primer več folne kisline kot v drugih insektih. Užitni insekti lahko vsebujejo veliko vitaminov, vendar je potrebno za zagotovitev potrebnih vitaminov posebej izbrati nekatere vrste. V sklopu produkcije, je zaželjen tudi nadzor vsebnosti vitaminov užitnih žuželk. Običajno se monitoring izvaja preko hranil, kot je krma (Zhou et al., 2022).

Pomemben faktor mineralov je njihov dnevni vnos. Ugotovljeno je bilo, da je gosenica mopane, kot mnogi užitni insekti, odličen vir železa. Večina užitnih insektov vsebuje enako ali celo višjo vsebnost železa kot govedina. Gojena govedina vsebuje 6 mg železa na 100 g suhe teže, medtem ko vsebnost železa gosenice mopane znaša med 31 in 77 mg na 100 g. Vsebnost železa v kobilicah (*Locusta migratoria*) se giblje med 8 in 20 mg na 100 g suhe teže. Vsebnosti zavisijo od njihove prehrane. Užitni insekti nedvomno predstavljajo bogat vir železa. Njihovo vključevanje v dnevno prehrano bi lahko izboljšalo raven železa ter pripomoglo k preprečevanju anemije v razvijajočih se državah. Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) je opozorila na pomanjkanje železa, kar predstavlja najpogostejšo in najbolj razširjeno prehransko pomanjkljivost sveta. V razvijajočih se državah naj bi bila ena od dveh nosečnic in približno 40 % predšolskih otrok anemičnih. Posledice pomanjkanja železa vključujejo slabe izide nosečnosti, oslabljen telesni in kognitivni razvoj, povečano tveganje za obolevnost pri otrocih ter zmanjšano delovno produktivnost pri odraslih. Anemijo je možno preprečiti, vendar prispeva k 20 % vseh smrti nosečnic in mater (Huis, 2013; Zhou et al., 2022). Poleg železa je zelo velika težava tudi pomanjkanje cinka, še posebej v povezavi z otroškim in materinim zdravjem. Pomanjkanje cinka lahko privede do zaostajanja v rasti, zakasnjene spolne in kostne zrelosti, kožnih lezij, driske, alopecije, oslabljenega apetita in povečane dovzetnosti za okužbe, posredovane preko napak v imunskem sistemu. Na splošno velja, da je večina insektov dober vir cinka. Gojena govedina ga vsebuje povprečno 12,5 mg na 100 g suhe teže, medtem ko ga ličinke palmovih hroščev (*Rhynchophorus phoenicis*) vsebujejo 26,5 mg na 100 g (Huis, 2013).

2.4.3 POMEN V PREHRANSKI VERIGI IN HRANILNA VREDNOST

Prehrana je ključnega pomena za zdravje in razvoj. Kakovostna prehrana je povezana z izboljšanim zdravjem dojenčkov, otrok in mater, močnejšim imunskim sistemom, varnejšo nosečnostjo in porodom, zmanjšanim tveganjem za bolezni kot so diabetes in srčno-žilne bolezni ter daljšim življenjem. Ljudje z zadostno prehrano so bolj produktivni, zato lahko ustvarijo priložnosti za postopno prekinitvev krogov revščine in lakote (WHO, 2024).

Pomanjkanje ključnih sestavin v prehrani lahko predstavlja resno grožnjo za človekovo zdravje. Današnji svet se sooča z dvojnimi problemom prehrane, ki vključuje tako podhranjenost kot tudi

prekomerno telesno težo. Omenjamo več oblik pomanjkanja prehrane, vključno s podhranjenostjo (hujšanje ali zakrnelost), nezadostnimi količinami vitaminov ali mineralov, prekomerno telesno težo, debelostjo in s tem povezanimi boleznimi, ki nastanejo zaradi prehrane (WHO, 2024).

Vzreja žuželk za prehrano ljudi in živalsko krmo bi lahko ponudila okolju prijazno rešitev za prihajajočo prehransko krizo. Žuželke so temelj našega kopenskega ekosistema. Z razgradnjo odpadkov izdelujejo organske snovi, delujejo kot oprashaevalci za razmnoževanje in razširjanje rastlin ter so predstavljajo vir hrane za številne živalske vrste, od ptic do dvoživk (Hubert, 2021). Gojenje žuželk je glede stanja emisij CO₂, cenejše v primerjavi s konvencionalnim kmetijstvom. Racionalizirana je tudi poraba vode, zavzete delovne površine in potrebnih osnovnih surovin. Poleg omenjenega, gojenje žuželk omogoča zmanjšanje onesnaževanja, v primerjavi z drugimi oblikami živinoreje, za skoraj 99 %. Pri čemer so emisije metana v primerjavi z govedino 80-krat manjše. Poleg opisanega je mogoče žuželke gojiti tudi s stranskimi produkti kmetijske pridelave, na primer s proizvodi pridelkov, ki niso namenjeni za človeško uporabo, kar optimizira kmetijsko pridelavo z zmanjšanjem odpadkov. Užiten insekti so obetavna alternativa za proizvodnjo mesa, bodisi za neposredno človeško uživanje bodisi za posredno uporabo v krmi. Z žuželkami bi lahko nadomestili pretirano uporabo ribje moke, kot vira beljakovin, kar bi pripomoglo k omejevanju preintenzivnega ribolova in omogočanju okrepitve biodiverzitete v morju. Kljub temu je še vedno potrebno veliko dela, ki ga morajo opraviti različni deležniki, da se v celoti uresniči ponujen insektni potencial. Predvsem v luči varnosti hrane in krme tako v razvijajočih kot v razvitih državah (Halloran et al., 2014).

Za užitne žuželke, na svetu velja več kot 1.900 vrst žuželk. Pri čemer so najpogostejši hrošči, katerim sledijo gosenice, čebele, ose, mravlje, kobilice, ipd. Jedi, ki vključujejo žuželke, postajajo vse bolj priljubljene, saj se pojavljajo v modernih gostinskih lokalih po vsem svetu (Armas, 2021). Užiten insekti lahko ponujajo izjemne zdravstvene koristi zaradi visokih vsebnosti vitaminov B12, železa, cinka, vlaknin, esencialnih aminokislin, omega-3 in omega-6 maščobnih kislin ter antioksidantov. Dodajanje užitnih insektov v prehrano človeka lahko prinese številne prehranske koristi, izboljšanje in preprečevanje ter obvladovanje kroničnih bolezni, kot so diabetes, rak in srčno-žilnih obolenj ter krepitev imunske funkcije (Nowakowski et al., 2022). Nedavne študije, izvedene na mišjih modelih, so ob uporabi žuželčjih učinkovin mokarja (*Tenebrio molitor*), pokazale znižanje ravni holesterola. Poleg opisanega, visoka vsebnost beljakovin, žuželčji proizvod ustvari bolj prebavljivega, zato se lahko uporablja tudi v prehrani starejših (Hubert, 2021).

2.5 UPORABA ŽUŽELK V FARMACIJI

Entomoterapija (uporaba žuželk v medicinske namene) je bila v mnogih državah sveta, v uporabi stoletja, danes pa znanstveniki ponovno odkrivajo pozitivne učinke njihovih produktov. Tradicionalno prakso zdravljenja so uporabljali predvsem v azijskih in afriških državah. V njo je bilo vključenih veliko različnih vrst žuželk, ki so se pojavljale v vseh oblikah, kot so žive, kuhane, zmlete, v obliki obližev in mazil in podobno. Uporabljale so se tako v obrambne kot v zdravilne namene. Danes igra medicinska uporaba žuželk pomembno vlogo pri zdravljenju bolezni in oskrbovanju poškodb (Devi et al., 2023).

Žuželke poseljujejo vse dela sveta. Nenehno so v stiku z veliko večino organizmov, kar pomeni, da so žuželke razvile veliko različnih substanc oz. učinkovin, ki jih koristijo za zaščito pred plenilci.

Le majhen odstotek omenjenih učinkovin je do dobra raziskan, nekaj med njimi pa še vedno vzbuja pozornost in poglobljeno preučevanje (npr. aloferon). Aloferon je snov s protimikrobnim delovanjem, ki jo proizvajajo ličinke muh brenčoč (Calliphoridae), uporaben pa je tudi kot protivirusno sredstvo (predvsem v Rusiji in Koreji). Chernysh je s sodelavci leta 2002 objavili rezultate poskusa, kjer so izolirali aloferon in ugotovili, da je izjemno učinkovit. Poskus je bil izveden na populaciji miši z naraščajočim številom celic limfoma. Mišim so dvakrat dnevno vbrizgavali aloferon. Po šestih dneh se je širjenje celic limfoma močno upočasnilo, v nekaterih primerih celo ustavilo (Chernysh et al., 2002).

Med žuželčjimi produkti se v zdravstvene namene najpogosteje uporablja produkte čebel. Med čebeljimi produkti so najbolj uporabljeni med, čebelji vosek, matični mleček, propolis in čebelji strup. Med se uporablja za oskrbovanje opeklin, v kombinaciji s čebeljim voskom, pa se uporablja za oskrbovanje različnih dermatoloških stanj, kot je dermatitis (Bairagi, 2019). V medicinske namene se lahko uporabljajo tudi strupi žuželk, predvsem čebel, mravelj in os. Terapija s čebeljim strupom je v uporabi že več tisoč let in se uporablja za zdravljenje širokega nabora bolezni, med katerimi so tudi artritis, revmatizem, multipla skleroza, kožne bolezni, rakava obolenja in vnetja. Poleg čebeljega, kot tudi strupov preostalih pikajočih žuželk, os in mravlji, vsebujejo še velike količine neraziskanih učinkovin (Ratcliffe et al., 2014). Čebelji strup je mešanica vsaj dvajsetih različnih sestavin, vsebuje različne peptide, encime in aktivne amine. Kljub velikemu naboru sestavin, se zadnje raziskave osredotočajo predvsem na melitin, ki slovi po protirakavih lastnostih. Melitin ima velik potencial, saj se lahko razvije v terapevtsko zdravilo za zdravljenje različnih rakavih obolenj. Je vodotopna molekula s kationskimi in amfifatičnimi lastnostmi, ki povečajo elektrostatsko vezavo anionskih celičnih membran bakterij in rakavih celic. Vsebuje 26 aminokislin in ima tetrametrično strukturo. Po vezavi povzroča citolizo celičnih membran, vendar natančen postopek uničevanja celic ni poznan (Ratcliffe et al., 2014). Med žuželke, ki bi jih lahko nekoč uporabljali v medicinske namene, spada tudi vinska mušica, saj ima sposobnost zaznave rakavih obolenj (Siddiqui et al., 2023).

Žuželka, ki prav tako veliko obeta na medicinskem področju, je črna bojovniška muha. Natančneje njena ličinka. Ličinka na rani povzroči dezinfekcijo, smrt bakterij ter granulacijo in obnovo tkiva. Vodotopni izvleček ličink črne bojovniške muhe ima protibakterijsko delovanje proti gram-pozitivnim in gram-negativnim bakterijam ter izkazuje protiglivično delovanje. Prečiščene protimikrobne snovi, pridobljene iz ličink, so povzročile znatno aktivnost proti metilicilin odpornemu *Staphylococcus aureus* (MRSA) in na metilicilin občutljivemu *S. aureus* (MSSA) (Park et al., 2014). Gram-negativne bakterije, na katere vplivajo protimikrobne snovi, proizvedene iz ličink črne bojovniškemuhe vključujejo: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Enterobacter aerogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* in *Shigella sonnei*. Po Gramu pozitivne bakterije, na katere vplivajo protimikrobne snovi iz ličink črne bojovniške muhe uvrščamo: *Staphylococcus aureus*, *Kocuria rhizophila*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis* in *Staphylococcus epidermidis*. Proizvedene so bile tudi protiglivične snovi, ki so zavirale tudi rast *Candida albicans* (Park et al., 2014).

Kot že omenjeno, predstavljajo žuželke bogate vire beljakovin. Med njimi so za uporabo najbolj primerni mokaerji, saj so zelo dober vir aminokislin (vsebujejo vse esencialne aminokisliline). Med njimi je največji delež glutamata in izolevcina, sledita jima fenilalanin in tirozin. Prav tako so mokaerji dober vir maščob. Maščobna sestava v večini zajema oleinsko (ta predstavlja okoli 43 % maščob), palmitinsko in linolno kislino. Oleinska kislina se najpogosteje nahaja v rastlinah, v

farmaciji se uporablja predvsem zaradi sposobnosti nižanja krvnega tlaka in količine holesterola v krvi. Več kot 30 odstotkov maščob predstavljajo omega-6 maščobne kisline, ki so nujne za izgradnjo celičnih membran. Prisotne so tudi omega-3 maščobne kisline, ki sodelujejo pri zniževanju krvnega tlaka in pri bolnikih zmanjšujejo verjetnost zastoja srca. Žuželke so se izkazale za uporabne tudi pri ocenjevanju posmrtnega intervala trupel. Nakazujejo čas smrti in so uporabne za forenzične preiskave v kazenskih aplikacijah. Muhe v družinah, kot so *Calliphoridae* (pihalke) in *Sarcophagidae* (mesne muhe), so prisotne v zgodnjih fazah razkroja trupel, medtem ko so črne bojvniške muhe (*Hermetia illucens*) prisotne v naprednih fazah razgradnje (Li et al., 2016).

Vse raziskave in poskusi uspešno kažejo na vsestransko uporabnost žuželk. Predstavljajo in ponujajo odgovor na težave sodobnega sveta, kamor bo potrebno še vlagati v prihodnje.

3. STATISTIČNA ANALIZA POTROŠNIKOV NA OZEMLJU REPUBLIKE SLOVENIJE NA PODROČJU PREHODA NA TRAJNOSTNI PREHRANSKI SISTEM

3.1 CILJ STATISTIČNE ANALIZE

Cilj, ki smo si ga zastavili pred izvedbo statistične analize je bil ugotoviti, kako naklonjena je slovenska javnost novim jedem in prehrabnim trendom. Odločili smo se, da bomo analizirali odnos potrošnikov do uporabe žuželčnih beljakovin in drugih derivatov v človeški prehrani in krmi za rejne živali. Želeli smo preveriti, kako se bodo ljudje različnih starostnih skupin in spolov odzvali na prisotnost le-teh.

3.2 HIPOTEZA

Predvidevamo, da bodo tako moški kot ženske izražali primerljivo stopnjo zadržanosti do nepoznanih jedi. K hipotezi še dodajamo, da bo mlajša populacija bolj odprta za tovrstne prehrabne inovacije, predvsem hrano iz žuželk, medtem ko bo sprejemanje med starejšimi posamezniki nekoliko manjše.

3.3 METODA

VPRAŠALNIK

Vprašalnik, namenjen zbiranju vprašanj in mnenj potrošnikov o njihovih prehrabnih navadah, vključuje različna vprašanja, ki se nanašajo na prehranjevalne vzorce, preference in stališča potrošnikov. Posebej obravnavano vprašanje vključuje odnos potrošnikov do novih in eksotičnih živil ter sprejemanje užitnih insektov v prehrani za ljudi in kot krmo za živali.

Kot statistično orodje za analizo rezultatov vprašalnika se lahko uporabi opisno statistiko, kjer se podatki povzamejo in prikažejo z različnimi statističnimi kazalniki, kot so povprečja, standardni odkloni, frekvenčne porazdelitve ipd. Za analizo odgovorov na vprašanja o odnosu do novih in eksotičnih živil ter užitnih insektov se pogosto uporablja Likertova petstopenjska lestvica. Likertova petstopenjska lestvica je orodje za merjenje stališč in mnenj anketirancev. Na tej lestvici anketiranci ocenjujejo svoje stališče ali mnenje glede določene trditve na petstopenjski lestvici, kjer so možni odgovori običajno »močno se ne strinjam«, »ne strinjam se«, »ne vem«, »strinjam se« in »močno se strinjam«. Te ocene se nato kvantificirajo z dodelitvijo numeričnih vrednosti (npr. od 1 do 5) in analizirajo za razumevanje stališč in preferenc anketirancev.

Namen in cilj vprašalnika sta zbrati podatke o prehrabnih navadah, stališčih in preferencah potrošnikov glede novih in eksotičnih živil ter užitnih insektov. Na podlagi teh podatkov lahko raziskovalci in proizvajalci hrane bolje razumejo potrebe in želje potrošnikov ter ustrezno prilagodijo svoje ponudbe in trženjske strategije. Poleg tega lahko taki vprašalniki prispevajo k raziskovanju trajnostnih in alternativnih virov hrane, kot so užitni insekti, ter k spodbujanju njihove sprejetosti med potrošniki.

Za namen raziskovalnega dela smo iz obsežnejšega vprašalnika, ki poteka v okviru večjega raziskovalnega projekta Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, in vsebuje 33 vprašanj, izbrali le nekatera izmed njih, ki se nanašajo na žuželke v prehranskem sistemu in odnos potrošnikov do le-teh.

Vprašanja, ki smo jih analizirali so bila sledeča:

1. Na lestvici od 1 do 5 označite, v kolikšni meri se strinjate z naslednjimi trditvami:

Zelo pogosto preizkušam nova živila.

Če živila ne poznam, ga ne bom poskusil/a.

Rad/a imam eksotične jedi drugih kultur.

Eksotične jedi drugih kultur se mi zdijo preveč neobičajne, da bi jih jedla/jedel.

Bojim se jesti jedi, ki jih še nikoli nisem poskusil/a.

2. Ali ste že slišali za uporabo užitnih žuželk v prehrani ljudi?

1 - Da, slišal/a sem za uporabo užitnih žuželk za prehrano ljudi.

2 - Ne, nisem še slišal/a za uporabo užitnih žuželk za prehrano ljudi.

3. Ali ste že kdaj jedli užitne žuželke?

1 - Da.

2 - Ne.

4. Na lestvici od 1 do 5 označite, v kolikšni meri se strinjate z naslednjimi trditvami. Menim, da so užitne žuželke primerne za uporabo v:

... prehrani ljudi.

... krmi za piščance.

... hrani za hišne ljubljence.

5. Na lestvici od 1 do 5 ocenite, v kolikšni meri ste pripravljeni jesti živila živalskega izvora (npr. meso in jajca), če bi živalska krma vsebovala uradno dovoljene surovine iz užitnih žuželk. Pripravljen/a sem jesti proizvode (npr. meso in jajca) živali, ki so krmljene s surovinami iz užitnih žuželk (npr. z žuželčjo moko)...

... če je na embalaži jasna informacija o uporabi žuželk v krmi.

... če so ta živila dokazano varna za prehrano ljudi.

... če dodajanje žuželk pozitivno vpliva na zdravje rejnih živali.

PROGRAM ZA IZVEDBO ANALIZ

Za izvedbo statistične analize podatkov pridobljenih z anketnim vprašalnikom smo uporabili program JAMOVI. JAMOVI je brezplačen in odprtokoden program za statistično analizo,

zasnovan za lažje izvajanje analiz podatkov raziskovalcem, učiteljem in študentom. Ponuja uporabniški vmesnik, ki je hkrati sodoben in intuitiven, kar omogoča izvajanje statističnih analiz brez potrebe po kodiranju. Program vključuje širok nabor statističnih metod, ki pokrivajo različna področja, kot so psihologija, sociologija, biologija, medicina, ekonomija in več. Poleg osnovnih analiz omogoča tudi napredne metode, kot so ANOVA, regresijska analiza, faktorska analiza, strukturno enačbeno modeliranje (SEM) ipd. Uporabniki lahko ustvarjajo različne vrste grafikonov, na primer razpršeni diagrami, histogrami in stolpčni diagrami, ter prilagajajo barve, oznake in oblikovanje. JAMOVI omogoča izvajanje analiz prek uporabniškega vmesnika z izbiranjem po menijih ali neposredno s pisanjem sintaksnih ukazov, kar uporabnikom nudi fleksibilnost glede na njihove preference in stopnjo strokovnosti. Poleg tega se program lahko integrira z jezikom R, kar omogoča dodatno prilagoditev in izvajanje naprednih analiz. S celovitim pregledovalnikom rezultatov uporabniki lahko pregledujejo rezultate analiz na pregleden in enostaven način. JAMOVI ima aktivno skupnost uporabnikov in razvijalcev, ki prispevajo k razvoju in nudijo podporo prek forumov, vadnic in dokumentacije.

3.4 REZULTATI

Anketiranih je bilo 1805 posameznikov od tega jih je anketo ustrezno rešilo 950, in neustrezno 855. Od 950 ustrezno rešenih anket jih je 768 končalo anketo, 182-krat pa je bila anketa le delno izpolnjena. Po nadaljnem urejanju in izključevanju neustreznih podatkov, smo analizo izvedli na podlagi odgovorov 756 respondentov ($N = 756$).

Opisna statistika omogoča vpogled v porazdelitev starosti v vzorčni populaciji 756 posameznikov. Ugotovili smo, da so bili naši anketiranci v povprečju stari 36,15 let, s standardno napako povprečja ocenjeno na 0,5259. Mediana starosti je 32 let. Iz mediane in povprečne starosti lahko razberemo, da je naš vprašalnik reševalo veliko mladih. Najpogostejša starost v vzorcu, izražena kot modus, je 20 let, kar nam pove, da je koncentracija udeležencev te starosti najvišja. Standardni odklon (14,4605) kaže na razpršenost ali razpon starosti okoli povprečja in stopnjo variabilnosti v vzorcu. Medkvartilni razpon (23 let) meri razpon starosti v srednjih 50 % podatkov, kar kaže na raznolikost starosti med večino udeležencev. Skupni razpon starosti v vzorcu sega od 15 do 84 let.

Podatki statistične analize kažejo na raznoliko starostno sestavo sodelujočih v anketi, pri čemer je opazen razpon starosti od 15 do 84 let. Povprečna starost se giblje okoli sredine tridesetih let, vendar se zdi, da je porazdelitev nekoliko popačena, kar dokazuje razlika med povprečno in srednjo starostjo. K tej ukrivljenosti lahko prispeva tudi prisotnost izstopajočih vrednosti navzgor (starejša populacija).

Za potrebe izvedba analiz smo anketirance razdelili v 4 starostne skupine:

- od 15 do 25 let,
- od 25 do 45 let,
- od 45 do 65 let,
- od 65 do 85 let.

SPOLNA SESTAVA ANKETIRANCEV

Med anketiranci smo imeli 302 moška in 454 žensk, kar kaže na večjo zastopanost žensk v vzorcu. Opazanje kaže, da je v vzorcu prisotno neravnovesje med spoloma, saj je delež žensk višji kakor

delež moških. Razumevanje takšnih demografskih značilnosti je bistvenega pomena za razlago rezultatov vseh analiz, opravljenih na podatkih vzorca, saj lahko vpliva na posploševanje ugotovitev in ugotavljanje vzorcev ali trendov, vezanih na spol.

1. vprašanje

Pri odgovorih na vprašanje smo uporabili Likertovo petstopenjsko lestvico.

- 1 – Sploh se ne strinjam
- 2 – Precej se ne strinjam
- 3 – Niti se strinjam niti se ne strinjam
- 4 – Precej se strinjam
- 5 – Popolnoma se strinjam

Analiza podatkov glede na spol anketirancev podaja različne vzorce prehranskih navad posameznikov in njihovega dojemanja jedi, ki niso vsakdanje za naš prostor. V celotni populaciji anketirancev je opazna nagnjenost h kulinaričnemu raziskovanju, kar potrjujejo povprečni odgovori. Tako moški kot ženske so zmerno dovzetni za preizkušanje novih jedi, saj so na lestvici od 1 do 5 dosegli povprečno oceno 3,08 oziroma 3,13. Vendar pa se nekoliko večje razlike med spoloma kažejo pri odporu do okušanja neznanih jedi, saj ženske izražajo nekoliko manjši odpor (povprečje $\approx 2,02$) kot moški (povprečje $\approx 2,14$). Ta trend razlik med spoloma se ohranja tudi na področju eksotične kuhinje, saj obe skupini izražata zmerno spoštovanje do jedi iz različnih kultur. Vendar pa ženske kažejo nekoliko večje navdušenje, kar dokazuje njihova povprečna ocena (približno 3,56), ki presega oceno moških (3,53). Tako moški kot ženske izražajo primerljivo stopnjo zadržanosti do nenavadnih ali nepoznanih jedi, pri čemer je povprečna ocena približno 2,09 oz. 2,04. Pri obravnavi strahu pred uživanjem še nepreverjenih jedi ženske izražajo nekoliko višjo stopnjo strahu (povprečje $\approx 2,18$) v primerjavi z moškimi (povprečje $\approx 2,10$). Kljub temu oba spola pri obravnavanih dimenzijah izkazujeta analogno raven variabilnosti, kar dokazujejo podobni standardni odkloni in variance. Te ugotovitve kažejo na nagnjenost spolov h kulinaričnemu raziskovanju, vendar kažejo na to, da se odnos do novih eksotičnih jedi nekoliko razlikuje.

Poglejmo še analizo prehranjevalnih navad, glede na starostne skupine. V vseh starostnih skupinah se zdi, da prevladuje nagnjenost k raziskovanju novih živil, čeprav z različnimi stopnjami strinjanja. Posamezniki, stari od 25 do 45 let, kažejo najvišjo stopnjo strinjanja (povprečje $\approx 3,21$) s trditvijo »Pogosto preizkušam nova živila«. Sledijo jim posamezniki, stari od 45 do 65 let (povprečje $\approx 3,11$), od 15 do 25 let (povprečje $\approx 2,99$) in nazadnje še posamezniki stari od 65 do 85 let (povprečje $\approx 3,06$). Zanimivo je, da najmlajša starostna skupina izkazuje najmanjšo variabilnost v tem pogledu, kar kaže najnižji standardni odklon (1,06). Kar zadeva nepripravljenost za preizkušanje neznanih živil, posamezniki, stari 25-45 let, kažejo najmanjše nestrinjanje (povprečje $\approx 1,98$), sledijo tisti, stari 45-65 let (povprečje $\approx 2,03$), 15-25 let (povprečje $\approx 2,20$) in 65-85 let (povprečje $\approx 2,35$). Zlasti najstarejša starostna skupina izkazuje največji standardni odklon v tej dimenziji (1,15), kar kaže na širši razpon odnosa do neznanih živil. V vseh starostnih kategorijah udeleženci na splošno izražajo strinjanje s trditvijo »Rad/-a imam eksotične jedi drugih kultur«, pri čemer se povprečne ocene gibljejo med približno 3,38 in 3,66. Zanimivo je, da se standardni odklon s starostjo zmanjšuje, kar kaže na približevanje skupnemu vrednotenju eksotičnih jedi s starostjo posameznikov. Pri ocenjevanju dojemanja eksotičnih jedi kot preveč nenavadnih za uživanje pa so

razlike med starostnimi skupinami minimalne, saj se povprečne ocene stalno gibljejo okoli 2,10. Glede strahu pred preizkušanjem novih jedi so najmanjši delež nestrinjanja ponovno izkazali posamezniki stari 25-45 let (povprečje $\approx 2,03$), sledijo jim posamezniki, stari 45-65 let (povprečje $\approx 2,07$), 15-25 let (povprečje $\approx 2,35$) in 65-85 let (povprečje $\approx 2,35$). Podatki kažejo, da se s starostjo strinjanje s kulinaričnim raziskovanjem sicer razlikuje med starostnimi skupinami, vendar se hkrati zmanjšuje variabilnost nekaterih dimenzij, kot je na primer naklonjenost eksotični hrani.

2. vprašanje

V celotni anketirani populaciji (ne glede na spol) prevladuje nagnjenost k temu, da ne uživajo užitnih žuželk, oziroma le teh niso poskusili, najpogostejši odgovor obeh spolov na vprašanje »Ali ste kdaj jedli užitne žuželke?«, je torej »Ne«. Vendar pa povprečne vrednosti za moške in ženske (1,7351 oz. 1,7753) kažejo na majhno nagnjenost k pritrdilnim odgovorom, čeprav se nagibajo k odgovoru »Ne«. Ti podatki kažejo na splošno zadržanost, ko gre za uživanje užitnih žuželk, čeprav so jih nekateri posamezniki že poskusili. Obstaja manjša razlika v povprečni vrednosti, ki nakazuje, da je nekoliko več moških že poskusilo užitne žuželke. **Tabela 3** prikazuje število moških in žensk, ki so že kdaj jedli užitne žuželke, razdeljene glede na njihov spol. Rezultati testa χ^2 (chi-kvadrat) kažejo vrednost $\chi^2 = 1,6059$ pri 1 prostostni stopnji in p-vrednost 0,2051, kar pomeni, da ni statistično pomembnih razlik med moškimi in ženskami v tem, ali so že jedli užitne žuželke ali ne. Cramerjev koeficient V, ki meri moč povezave med spremenljivkami, kaže zelo majhno povezanost med spolom in izkušnjo uživanja užitnih žuželk ($V = 0,0461$). To pomeni, da ni jasne razlike med moškimi in ženskami v tem, ali so že jedli užitne žuželke.

Pri analizi glede na starostne skupine pa rezultati razkrivajo nekatere zanimive vzorce.

Najpogostejši odgovor na vprašanje »Ali ste že kdaj jedli užitne žuželke?« v vseh starostnih skupinah predstavlja odgovor »Ne«, kar kaže na prevladujočo nagnjenost k neuživanju teh živil ne glede na starost. Kljub temu pa se razlikujejo povprečne vrednosti uživanja med posameznimi starostnimi skupinami. Povprečna vrednost za starostno skupino 15-25 let znaša 1,7872, kar kaže na to, da je mlajša populacija potrošnikov bolj nagnjena k uživanju užitnih žuželk v primerjavi s starejšo populacijo. Nasprotno pa je povprečna vrednost za starostno skupino 65-85 let najvišja pri 1,8824, kar lahko nakazuje na večjo zadržanost starejše populacije do poiskušanja novih jedi. Mediana za vse starostne skupine ostaja pri 2, kar nakazuje, da večina posameznikov v vseh starostnih skupinah ni poskusila užitnih žuželk. Standardni odkloni za posamezne starostne skupine se gibljejo od 0,3321 do 0,4583, kar kaže na relativno majhno variabilnost v odgovorih znotraj posameznih starostnih skupin. Ti podatki kažejo na splošno zadržanost pri uživanju užitnih žuželk, pri čemer pa obstajajo nekatere manjše razlike v stopnji nagnjenosti k poiskušanju žuželk med posameznimi starostnimi skupinami.

Tabela 4 prikazuje razmerje med starostnimi skupinami in izkušnjo uživanja užitnih žuželk. Ugotovili smo statistično pomembno povezanost med starostjo in izkušnjo s hrano, ki vsebuje užitne žuželke ($\chi^2 = 10,1366$, $df = 3$, $p = 0,0174$). To pomeni, da obstajajo razlike med starostnimi skupinami glede na to, ali so že jedli užitne žuželke ali ne. Cramerjev koeficient V ($V = 0,1158$) kaže na zmerno povezanost med spremenljivkami. Razvidno je, da je med mlajšimi posamezniki večja verjetnost, da so že poskusili užitne žuželke, medtem ko se ta verjetnost zmanjšuje s starostjo. Na primer, v starostni skupini 15-25 let je 50 posameznikov od 235 (21 %) že jedlo užitne žuželke, medtem ko je v starostni skupini 65-85 let le 15 posameznikov od 17 (88 %) že imelo takšno

izkušnjo. To nakazuje na spremembo prehranjevalnih navad skozi življenjski cikel, pri čemer so mlajše generacije bolj odprte za poskus nove hrane, kot so užitne žuželke.

3. vprašanje

Podani podatki analizirajo prepoznavnost uporabe užitnih žuželk v prehrani med različnimi starostnimi skupinami. Glede na povprečno vrednost, ki predstavlja stopnjo prepoznavnosti, lahko opazimo, da je najvišja v starostni skupini 15-25 let (povprečje 1,1277), medtem ko se zmanjšuje s starostjo, pri čemer starostna skupina 65-85 let kaže najnižjo stopnjo prepoznavnosti (povprečje 1,0588). Mediana za vse starostne skupine znaša 1, kar kaže, da je večina posameznikov v vseh starostnih skupinah že slišala za uporabo užitnih žuželk v prehrani. Standardni odkloni se gibljejo od 0,2386 do 0,3344, kar nakazuje na relativno majhno variabilnost v odgovorih znotraj posameznih starostnih skupin. Vrednosti variance so sorazmerno majhne, od 0,0570 do 0,1118, kar potrjuje razmeroma majhno razpršenost podatkov okoli povprečja v posameznih starostnih skupinah. Skupaj gledano, ti podatki kažejo, da je prepoznavnost uporabe užitnih žuželk v prehrani prisotna v vseh starostnih skupinah, pri čemer je najvišja med mlajšimi, vendar se stopnja prepoznavnosti zmanjšuje s starostjo.

Podani podatki predstavljajo analizo prepoznavnosti uporabe užitnih žuželk v prehrani med spoloma. Povprečna vrednost za moške znaša 1,0927, medtem ko je za ženske nekoliko nižja pri 1,0749. Ta razlika med spoloma, čeprav majhna, nakazuje nekoliko višjo stopnjo prepoznavnosti med ženskami v primerjavi z moškimi. Mediana za oba spola znaša 1, kar pomeni, da je večina moških in žensk že slišala za uporabo užitnih žuželk v prehrani. Standardni odklon za moške je 0,2905, medtem ko je za ženske nekoliko nižji pri 0,2635. To kaže na nekoliko večjo razpršenost podatkov v moških odgovorih v primerjavi z odgovori žensk, vendar je ta razlika tudi relativno majhna. Vrednosti variance so sorazmerno majhne za oba spola, kar potrjuje, da so podatki relativno skoncentrirani okoli povprečja. Podatki kažejo, da je prepoznavnost uporabe užitnih žuželk v prehrani prisotna med obema spoloma.

4. vprašanje

Pri odgovorih na vprašanje smo uporabili Likertovo petstopenjsko lestvico.

- 1 – Sploh se ne strinjam
- 2 – Precej se ne strinjam
- 3 – Niti se strinjam niti se ne strinjam
- 4 – Precej se strinjam
- 5 – Popolnoma se strinjam

Analiza odgovorov na posamezno trditev o uporabi užitnih žuželk v različne namene podaja naslednje zaključke. Pri trditvi »Užitne žuželke so primerne za uporabo v prehrani ljudi«, povprečne ocene kažejo na zmerno sprejetje te ideje med vsemi starostnimi skupinami, s povprečno oceno 3,1234 za starostno skupino 15-25 let, 3,3902 za 25-45 let, 2,8744 za skupino 45-65 let in 3,0000 za 65-85 let. Najnižja povprečna ocena (2,8744) je bila opažena pri starostni skupini 45-65 let. Mediane za vse trditve so enake 3, kar kaže na nekakšno soglasje med starostnimi skupinami. Pri trditvi »Užitne žuželke so primerne za krmo piščancem«, so povprečne ocene relativno visoke v vseh starostnih skupinah, z najvišjo povprečno oceno (4,0459) opazovano pri starostni skupini 25-45 let. Pri trditvi »Užitne žuželke so primerne za hrano za hišne ljubljence«,

opazimo podoben trend kot pri krmi za piščance, kjer so povprečne ocene visoke v vseh starostnih skupinah. Standardni odkloni so majhni, kar kaže na relativno majhno variabilnost odgovorov v vsaki starostni skupini, prav tako so vrednosti variance sorazmerno majhne, kar potrjuje sipanje odgovorov okoli povprečja. Skupaj gledano, kljub manjšim razlikam med starostnimi skupinami, kažejo odgovori na splošno sprejetje ideje o uporabi užitnih žuželk v prehrani različnih živalskih vrst. Podatki ponujajo vpogled v percepcijo uporabe užitnih žuželk v prehrani ljudi, kot tudi kot krme za piščance in hrane za hišne ljubljence, ločeno po spolu. Pri moških so povprečne ocene za vse trditve nekoliko višje kot pri ženskah. Na primer, pri trditvi o uporabi užitnih žuželk v prehrani ljudi je povprečna ocena pri moških 3,2351, medtem ko je pri ženskah nekoliko nižja, 3,1145. Podobno so povprečne ocene, pri moških za krmo piščancev in hrano za hišne ljubljence, nekoliko višje kot pri ženskah. Kljub temu so razlike med spoloma sorazmerno majhne. Mediane za vse trditve so enake tako pri moških kot pri ženskah, kar kaže na relativno konsistentne odgovore v obeh skupinah. Standardni odkloni so majhni pri obeh spolih, kar pomeni, da so odgovori znotraj vsake skupine relativno konsistentni. Vrednosti variance so prav tako majhne, kar potrjuje skoncentriranost odgovorov okoli povprečja v obeh skupinah. Kljub nekoliko višjim povprečnim ocenam pri moških, so razlike med spoloma relativno majhne, kar kaže na podobne vzorce sprejemanja ideje o uporabi užitnih žuželk.

5. vprašanje

Pri odgovorih na vprašanje smo uporabili Likertovo petstopenjsko lestvico.

- 1 – Sploh se ne strinjam
- 2 – Precej se ne strinjam
- 3 – Niti se strinjam niti se ne strinjam
- 4 – Precej se strinjam
- 5 – Popolnoma se strinjam

Podatki kažejo, da so povprečne ocene pri moških o jasni informaciji na embalaži o uporabi žuželk v krmi (3,5695), o dokazani varnosti živil za prehrano ljudi (4,0033) ter o pozitivnem vplivu krmljenja živali s krmo na osnovi žuželk na zdravje rejnih živali (3,7583). Ocene pri ženskah pa so nekoliko višje (3,7687, 4,0286, 3,8414). Tako moški kot ženske so v povprečju naklonjeni ideji uživanja živil živalskega izvora, ki vsebujejo surovine iz užitnih žuželk, pod pogojem, da je na embalaži jasna informacija o njihovi uporabi. Ženske so ocenile povprečno višje kot moški, kar lahko nakazuje na njihovo večjo zaupljivost v informacije o uporabi žuželk v krmi. Prav tako so oboji pozitivno ocenili varnost živil živalskega izvora, ki vsebujejo surovine iz užitnih žuželk, pri čemer so ženske ponovno ocenile višje. Glede vpliva krmljenja živali z žuželčjo krmo na zdravje rejnih živali so povprečne ocene pozitivne, vendar so nižje kot pri prejšnjih dveh trditvah. Mediane so enake za vse trditve pri obeh spolih, kar kaže na konsistentnost odgovorov v obeh skupinah. Modusi so večinoma 4 ali 5, kar pomeni, da so najpogostejši odgovori v zgornjem delu lestvice. To nakazuje na splošno pozitiven odnos do uporabe žuželk v krmi. Standardni odkloni, pri vsaki izmed trditv, so med spoloma podobni, kar kaže na relativno majhno variabilnost odgovorov znotraj vsake skupine. Čeprav so razlike v povprečnih ocenah med spoloma prisotne, je ideja o uživanju živil živalskega izvora, ki vsebujejo surovine iz užitnih žuželk, pozitivno sprejeta med obema spoloma.

Povprečne ocene za trditve glede uporabe žuželk v krmi, varnosti teh živil za prehrano ljudi ter pozitivnega vpliva krmljenja živali s krmo na osnovi žuželk na zdravje živali so razkrile zanimive

vzorke in razlike med starostnimi skupinami. Pri trditvah o jasni informaciji na embalaži o uporabi žuželk v krmi ter o dokazani varnosti živil za prehrano ljudi se je povprečna ocena postopoma zmanjševala s starostjo, pri čemer so bile najvišje povprečne ocene v mlajših starostnih skupinah (15-25 let: 3,7872 in 3,1145) in najnižje v starejših (65-85 let: 3,1765 in 3,6471). Nasprotno so se pri trditvi o pozitivnem vplivu krmljenja živali s krmo na osnovi žuželk na zdravje rejnih živali povprečne ocene povečevale s starostjo, pri čemer so bile najnižje v mlajših starostnih skupinah in najvišje v srednjih starostnih skupinah (25-45 let: 3,7279 in 3,7687). To kaže na razlike v stališčih med generacijami, kjer mlajše generacije bolj cenijo transparentnost in varnost živil ter vidijo manjše tveganje pri uporabi žuželk v krmi. V analizi smo opazili tudi razlike med skupinami v stopnji razpršenosti odgovorov. Standardna napaka je bila najmanjša v starostni skupini 25-45 let za vse trditve, kar nakazuje na večjo konsistenco odgovorov. Poleg tega so standardni odkloni razkrili nekoliko večjo razpršenost znotraj starejših skupin, kar kaže na večjo variabilnost mnenj v teh skupinah. Opisane razlike med starostnimi skupinami lahko odražajo razlike v stališčih, razumevanju in percepciji glede uporabe žuželk v krmi ter njihove varnosti in vpliva na zdravje živali med različnimi generacijami.

KORELACIJSKE ANALIZE POSAMEZNIH ODGOVOROV

NEOFBIJA

Tabela 5 prikazuje število moških in žensk v različnih starostnih skupinah, razvrščenih po stopnjah strinjanja s trditvijo »Bojim se jesti jedi, ki jih še nikoli nisem poskusil/a«, glede na lestvico od 1 do 5, kjer 1 pomeni »Sploh se ne strinjam« in 5 pomeni »Popolnoma se strinjam«.

Na podlagi testa χ^2 (chi-kvadrat) je vrednost χ^2 enaka 7,4486, pri 5 prostostnih stopnjah in p-vrednosti 0,1894. To pomeni, da ni statistično pomembnih razlik v odgovorih med spoloma glede na strah pred poskušanjem novih jedi. Cramerjev koeficient V, ki meri moč povezave med spremenljivkami, kaže majhno povezanost med spolom in strahom pred poskušanjem novih jedi ($V = 0,0993$). Iz podatkov lahko sklepamo, da ni bistvenih razlik med spoloma v strahu pred poskušanjem novih jedi. Ta rezultat kaže na podoben odnos do prehrane med spoloma v smislu pripravljenosti za poskus nove hrane.

PRIMERNOST ŽUŽELK V HRANI LJUDI

Tabela 6 prikazuje odzive moških in žensk na vprašanje o primernosti užitnih žuželk v prehrani ljudi, pri čemer je lestvica odgovorov od 1 do 5, pri čemer 1 pomeni »Sploh se ne strinjam« in 5 pomeni »Popolnoma se strinjam«. Tabela prikazuje število moških in žensk v vsaki starostni skupini, ki so dali posamezen odgovor. Test χ^2 za to razpredelnico znaša 4,3353, kar pri 5 stopnjah prostosti in p-vrednosti 0,5022 pomeni, da ni statistično pomembne povezave med spolom in odgovori na vprašanje o primernosti užitnih žuželk v prehrani ljudi ($\chi^2 = 4,3353$, $df = 5$, $p = 0,5022$). Cramerjev koeficient V ($V = 0,0757$) kaže na zelo majhno povezanost med spremenljivkami. To pomeni, da se odgovori moških in žensk na vprašanje o primernosti užitnih žuželk v prehrani ljudi ne razlikujejo bistveno. **Tabela 7** prikazuje odzive različnih starostnih skupin na vprašanje o primernosti užitnih žuželk v prehrani ljudi, pri čemer so stopnje odgovorov enake kot prej, od 1 do 5.

Test χ^2 za to razpredelnico znaša 37,6897, kar pri 15 stopnjah prostosti in p-vrednosti 0,0010 kaže na statistično pomembno povezavo med starostno skupino in odgovori na vprašanje o primernosti

užitnih žuželk v prehrani ljudi ($\chi^2 = 37,6897$, $df = 15$, $p = 0,0010$). Cramerjev koeficient V ($V = 0,1289$) kaže na zmerno povezanost med spremenljivkama, kar nakazuje, da obstaja nekaj značilnih razlik med starostnimi skupinami v njihovih odgovorih na to vprašanje.

UPORABA ŽUŽELK V KRMI ZA PIŠČANCE

Tabela 8 prikazuje, kako se odzivajo različne starostne skupine na vprašanje o primernosti uporabe užitnih žuželk v krmi za piščance. Pri tem je pomembno opazovati število odgovorov na posamezno stopnjo od 1 do 5 v vsaki starostni skupini.

- 15-25 let: Opazimo, da ima ta skupina najmanjši delež odgovorov na stopnji 1 (5 odgovorov) in najvišji delež odgovorov na stopnji 4 (102 odgovora) ter delež odgovorov na stopnji 5 (86 odgovorov).
- 25-45 let: V tej skupini je najvišje število odgovorov na stopnji 4 (132 odgovorov) in najmanjše število odgovorov na stopnji 1 (14 odgovorov).
- 45-65 let: Skupina ima največje število odgovorov na stopnji 4 (83 odgovorov) in najmanjše število odgovorov na stopnji 1 (17 odgovorov).
- 65-85 let: Opazimo majhno število odgovorov v tej starostni skupini, kar lahko privede do manjše zanesljivosti rezultatov.

Rezultati kažejo na to, da so mlajše starostne skupine bolj naklonjene tej ideji kot starejše. To je najverjetneje posledica različnih stališč, izkušenj in razumevanja. Test χ^2 za omenjen set podatkov znaša 42,8621, kar pri 15 stopnjah prostosti in p-vrednosti 0,0002, kaže na statistično pomembno povezavo med starostno skupino in odgovori na vprašanje o primernosti uporabe užitnih žuželk v krmi za piščance ($\chi^2 = 42,8621$, $df = 15$, $p = 0,0002$). Cramerjev koeficient V ($V = 0,1375$) kaže na zmerno povezanost med spremenljivkama, kar nakazuje, da obstaja nekaj razlik med starostnimi skupinami v njihovih odgovorih na to vprašanje.

Tabela 9 prikazuje, kako se moški in ženske odzivajo na vprašanje o primernosti uporabe užitnih žuželk v krmi za piščance. Opazimo, da se število odgovorov na posamezno stopnjo, od 1 do 5, razlikuje med spoloma. *Moški*: Največje število odgovorov moških je na stopnji 4 (115 odgovorov) in nato na stopnji 5 (110 odgovorov). Najmanjše število odgovorov je na stopnji 1 (9 odgovorov). *Ženske*: Tudi pri ženskah največji delež odgovorov pripada stopnji 4 (212 odgovorov), sledi ji stopnja 5 (125 odgovorov). Najnižji delež odgovorov je na stopnji 1 (18 odgovorov). Čeprav se nekoliko razlikuje število odgovorov na posamezne stopnje med spoloma, statistični test χ^2 ne pokaže pomembne statistične razlike ($p = 0,0842$). To pomeni, da razlike med moškimi in ženskami v njihovih odgovorih na vprašanje o primernosti uporabe užitnih žuželk v krmi za piščance niso statistično značilne. Cramerjev koeficient V kaže na zmerno povezanost med spolom in odgovori na to vprašanje, vendar ta povezanost ni izrazita

UPORABA ŽUŽELK V HRANI HIŠNIH LJUBLJENČKOV

Tabela 10 prikazuje, kako se moški in ženske odzivajo na vprašanje o primernosti uporabe užitnih žuželk v hrani za hišne ljubljence. Podatki kažejo, da se število odgovorov na posamezno stopnjo od 1 do 5 razlikuje med spoloma. Najvišji delež odgovorov moških je na stopnji 4 (108 odgovorov) in nato na stopnji 5 (93 odgovorov). Najnižji delež odgovorov je na stopnji 1 (8 odgovorov). Tudi pri ženskah je največje število odgovorov na stopnji 4 (196 odgovorov), sledi ji stopnja 5 (108 odgovorov). Najmanjši delež odgovorov je na stopnji 1 (21 odgovorov).

Čeprav se nekoliko razlikuje število odgovorov na posamezne stopnje med spoloma, statistični test χ^2 ne pokaže pomembne statistične razlike ($p = 0.0897$). To pomeni, da razlike med moškimi in ženskami v njihovih odgovorih na vprašanje o primernosti uporabe užitnih žuželk v hrani za hišne ljubljenske morda niso statistično značilne.) Cramerjev koeficient V kaže na zmerno povezanost med spolom in odgovori na to vprašanje, vendar ta povezanost ni izrazita.

Tabela 11 prikazuje, kako se različne starostne skupine odzivajo na vprašanje o primernosti uporabe užitnih žuželk v hrani za hišne ljubljenske. Podatki kažejo, da se število odgovorov na posamezno stopnjo od 1 do 5 razlikuje med starostnimi skupinami.

- Starostna skupina 15-25 let: Najvišji delež odgovorov v tej starostni skupini je na stopnji 4 (98 odgovorov) in nato na stopnji 5 (67 odgovorov). Najnižji delež odgovorov je na stopnji 1 (7 odgovorov).
- Starostna skupina 25-45 let: Tudi v tej starostni skupini je največje število odgovorov na stopnji 4 (122 odgovorov), sledi ji stopnja 5 (97 odgovorov). Najnižji delež odgovorov je na stopnji 1 (10 odgovorov).
- Starostna skupina 45-65 let: Najvišji delež odgovorov v tej starostni skupini je na stopnji 4 (74 odgovorov) in nato na stopnji 3 (57 odgovorov). Najnižji delež odgovorov je na stopnji 1 (11 odgovorov).
- Starostna skupina 65-85 let: V tej starostni skupini je največje število odgovorov na stopnji 3 (6 odgovorov), sledi ji stopnja 4 (10 odgovorov). Stopnja 1 nima odgovorov v tej starostni skupini.

Statistični test χ^2 kaže, da obstaja pomembna statistična razlika med starostnimi skupinami v njihovih odgovorih na vprašanje o primernosti uporabe užitnih žuželk v hrani za hišne ljubljenske ($p = 0,0037$). Cramerjev koeficient V kaže na zmerno povezanost med starostjo in odgovori na to vprašanje, vendar ta povezanost ni izrazita.

Za starostno skupino 15-25 let pomeni, da je večina odgovorov na vprašanje o primernosti uporabe užitnih žuželk v hrani za hišne ljubljenske pozitivnih (stopnje 4 in 5), kar kaže na relativno odprtost do te ideje.

V starostni skupini 25-45 let vidimo podoben trend, kjer je večina odgovorov pozitivnih (stopnje 4 in 5), kar kaže na splošno odprtost do uporabe užitnih žuželk v hrani za hišne ljubljenske. Pri starostni skupini 45-65 let opazimo nekoliko drugačen vzorec, kjer je največji delež odgovorov na stopnji 4, kar kaže na nekoliko manjšo odprtost za to idejo v primerjavi z mlajšimi skupinami. V starostni skupini 65-85 let se kaže manjša naklonjenost do uporabe užitnih žuželk v hrani za hišne ljubljenske, saj je največje število odgovorov na stopnji 3, kar pomeni, da se večina ljudi v tej skupini nekoliko strinja s to idejo, vendar niso popolnoma prepričani.

UPORABA ŽUŽELK V KRMI

Podatki v **Tabeli 12** kažejo distribucijo odgovorov glede jasne informacije o uporabi žuželk v krmi, razdeljene glede na spol anketirancev. Na stopnji -1 (popolnoma se ne strinjam) je nižji delež odgovorov, medtem ko je najvišji delež odgovorov na stopnji 4 (se strinjam). To nakazuje na splošno pozitiven odnos do ideje jasne informacije o uporabi žuželk v krmi. Vrednost testa χ^2 , ki znaša 15,6153, je statistično pomembna ($p < 0,05$), kar kaže na obstoj statistično značilne povezave

med spolom anketirancev in odgovori glede jasnosti informacije na embalaži o uporabi žuželk v krmi. Cramerjev koeficient V, ki ga izračunamo kot mero moči povezave, znaša 0,1437. To kaže na srednje močno povezavo med spolom in odgovori glede jasnosti informacije o uporabi žuželk v krmi. To pomeni, da obstajajo nekatere razlike med moškimi in ženskami v njihovem odnosu do tega vprašanja, vendar razlike niso zelo izrazite. Pri podatkih odnosa starostnih skupin do žuželk v krmi opazimo, da je najvišji delež odgovorov na stopnji 4 (se strinjam), medtem ko je nižji delež odgovorov na stopnji 1 (popolnoma se ne strinjam). To nakazuje na splošno pozitiven odnos do ideje jasne informacije o uporabi žuželk v krmi. Vrednost testa χ^2 , ki znaša 21,8716, ni statistično pomembna ($p > 0,05$), kar pomeni, da ni dovolj dokazov, da bi bila povezava med starostno skupino in odgovori glede jasnosti informacije na embalaži o uporabi žuželk v krmi statistično značilna. Cramerjev koeficient V, znaša 0,0982. To kaže na zelo šibko povezavo med starostno skupino in odgovori glede jasnosti informacije o uporabi žuželk v krmi, kar pomeni, da ni bistvenih razlik v odnosu do tega vprašanja med različnimi starostnimi skupinami.

VARNOST ŽIVIL, KI VSEBUJEJO ŽUŽELKE

Podatki v **Tabeli 13** prikazujejo distribucijo odgovorov glede varnosti živil, ki vsebujejo žuželke za prehrano ljudi, razdeljene glede na spol anketirancev. Opazimo, da je najvišji delež odgovorov na stopnji 5 (popolnoma se strinjam), medtem ko je najnižji delež odgovorov na stopnji 1 (popolnoma se ne strinjam). To kaže na splošno pozitiven odnos do varnosti živil, ki vsebujejo žuželke. Vrednost testa χ^2 , ki znaša 6,8961, ni statistično pomembna ($p > 0,05$), kar pomeni, da ni dovolj dokazov, da bi bila povezava med spolom in odgovori glede varnosti živil z žuželkami za prehrano ljudi statistično značilna. Cramerjev koeficient V, ki je mera moči povezave, znaša 0,0955. To kaže na zelo šibko povezavo med spolom in odgovori glede varnosti živil z žuželkami za prehrano ljudi. Opisano pomeni, da ni bistvenih razlik v odnosu do tega vprašanja med moškimi in ženskami. Podatki v **Tabeli 14** prikazujejo distribucijo odgovorov glede varnosti živil, ki vsebujejo žuželke za prehrano ljudi, razdeljene glede na starostno skupino anketirancev. Opazimo, da se večina odgovorov nahaja v višjih stopnjah, kar kaže na pretežno pozitiven odnos do varnosti živil z žuželkami. Vrednost testa χ^2 , ki znaša 43,5160, je statistično pomembna ($p < 0,05$), kar pomeni, da obstajajo pomembne razlike med starostnimi skupinami glede odgovorov glede varnosti živil z žuželkami. Cramerjev koeficient V, ki znaša 0,1385, kaže na zmerno močno povezavo med starostno skupino in odgovori glede varnosti živil z žuželkami. To pomeni, da so starejši posamezniki morda manj prepričani o varnosti teh živil v primerjavi z mlajšimi.

4. EKSPERIMENTALNI DEL

4.1 CILJI EKSPERIMENTALNEGA DELA

Zaradi vse večjega posega po alternativnih virih prehranskih komponent, je potrebno skladno s smernicami in uredbami, živila tudi ustrezno karkterizirati in ugotoviti čim več njihovih fizikalnih in kemijskih lastnosti.

Eksperimentalni del naše raziskave bo zajemal določanje suhe snovi (SS), surovega pepela (SP), beljakovin in maščob v vzorcih ličink črne bojevniške muhe. Vse kemijske analize so bile izvedene po točno določenih smernicah Weendske analize (Levart, 2023).

4.2 HIPOTEZA

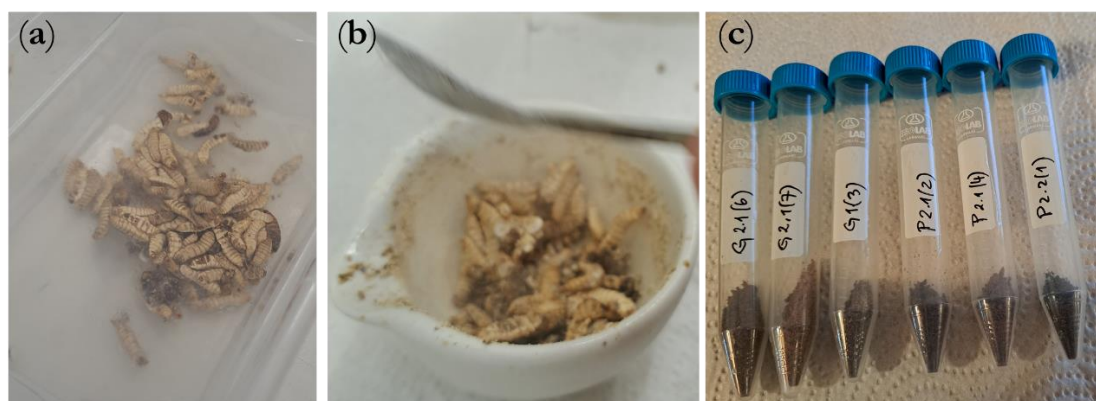
Predvidevamo, da na hitrost rasti ličink črne bojevniške muhe ključno vplivata sestava substrata in njegova kvaliteta. Prav tako se bodo glede na kompleksnost uporabljenega substrata in starosti ličink razlikovali tudi parametri Weendske analize. Glede na proučeno literaturo, predvidevamo, da bodo najvišjo vsebnost skupnih maščob vsebovale ličinke v zgodnejših fazah razvoja, slednja se bo skozi nadaljnjo preobrazbo zmanjševala. Skozi cikel same preobrazbe bo mogoče zaznati tudi spremembo v vsebnosti pepela in beljakovin.

Ker je hitin (kemijsko, polisaharid iz enot *N*-acetil-*D*-glukoza-2-amina) v kombinaciji s kalcijevim karbonatom (kemijsko, CaCO_3), glede na sam hitin, v oklepkih različnih živali dejaven kot veliko močnejši kompozit, se bo razlog vsebnosti skupnega fluorida morebiti skrival v predlagani korelaciji. Skozi kvantitativno določitev skupnega fluorida bomo tako sklepali, da se slednji pojavi v fazi, ko je ličinka že dovolj razvita in že vsebuje nekaj hitina.

4.3 MATERIALI IN METODE

Pri izvajanju eksperimentalnega dela smo sledili smernicam dobre laboratorijske prakse (GLP). Pred začetkom dela smo pridobili potrebno znanje in navodila, da so bile vse analize izvedene varno. V laboratoriju smo vseskozi nosili zaščitne halje in primerno obutev. Kadar je bilo potrebno, smo nosili tudi zaščitna očala in rokavice. Vseskozi smo pazili na lastno varnost in na varnost sodelavcev v laboratoriju. Posušene vzorce smo ves čas shranjevali v eksikatorju, da bi preprečili morebitno vezavo vlage.

Pred začetkom dela smo pridobili ustrezno znanje in navodila o postopku Weendskih analiz z namenom, da bi bile analize opravljene čim bolj natančno in zanesljivo. Vse vzorce smo pred začetkom izvajanja Weendske analize in določitve skupnega fluorida zmrznili v tekočem dušiku in zmleli v prah. Ko je dušik izparel, je nastala gosta pasta. Prav tako smo bili s strani laboratorijskega osebja in mentorjev poučeni o kvantitativni določitvi skupnega fluorida. Vzorce smo pred analizo sušili 5 ur na 100 °C in nato 20 ur na 60 °C.



Slika 1: (a) Ličinke črne bojemiške muhe v tekočem dušiku, (b) homogenizacija v terlnici s pestilom v homogenat in (c) sušenje materiala za določitev skupnega fluorida.

4.3.1 REAGENTI

- Žveplova(VI) kislina (H_2SO_4 , 96 %), Sigma-Aldrich (Nemčija)
- Natrijev hidroksid (NaOH , *p.a.*, 40 % vodna raztopina), Merck (Nemčija)
- Bakrov(II) sulfat(VI) pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$, *p.a.*), Sigma-Aldrich (Nemčija)
- Kalijev sulfat(VI) (K_2SO_4 , *p.a.*), Merck (Nemčija)
- Borova kislina (H_3BO_3 , *p.a.*, 2 % vodna raztopina), Merck (Nemčija)
- Mešan indikator (metil rdeče-bromkrezol zeleno), Chimtex LTD (Bolgarija)
- Standardna raztopina HCl (1,0 molarna)
- Petroleter (*p.a.*, ACS), Roth (Nemčija)

4.3.2 APARATURE IN PRIPOMOČKI

- Analizna tehtnica Mettler Toledo AT400 (Švica)
- Sušilna omara Kambič (Slovenija)
- Žarilna peč Aurodent TYP 5206 (Slovenija)
- Termični blok za razklop Büchi K-435 (Švica)
- Grelec in absorber za sproščene pline Büchi B-414 (Švica)
- Destilacijska enota Büchi B-324 (Švica)
- Aparat za ekstrakcijo Foss Soxtec 2050 (Danska)
- Magnetno mešalo Rotamix 550 MMH (Slovenija)
- Grelna plošča FOSS 2022 (Danska)
- Hidrolizna enota FOSS SoxCap 2047 (Danska)
- Titrator Metrohm 906 Titrando (Švica)
- Fluoridna elektroda Thermo Fisher Scientific Orion 96-09
- Stekljeni tehtiči
- Steklene posodice za hidrolizo
- Keramični žarilni lončki
- Kovinska prijemalka za premikanje žarilnih lončkov
- Kjeldahlove erpnete Büchi

- Bireta BrandTech Titrette (Nemčija)
- Dispenszor BrandTech Dispensette III (Nemčija)
- Erlenmajerjeve steklenice (Nemčija)
- Pladenj za sušenje vzorcev
- Žličke in spatule
- Eksikator
- Papir za peko (Špar, Slovenija)

4.3.3 POSTOPEK REJE LIČINK *Hermetia illucens*

Postopek reje ličink *Hermetia illucens* se je začel s približno 40.000. ličinkami, starih 5 dni. Ličinke so bile takoj, glede na težo, razdeljene v skupine po 10.000 in nameščene v 8 majhnih plastičnih pladnjev, s približno 1 kg hranilnega substrata. Sestava substrata je vključevala 35 % piščančje krme in 65 % vode, kar je bilo izbrano za zagotavljanje optimalnih pogojev za preživetje in rast ličink, glede na njihovo občutljivost v zgodnjih fazah življenja. Piščančja krma je vsebovala 19 % beljakovin. Po 4 dneh so bile ličinke prenesene v večje plastične zabojnike, pri čemer je vsak zaboj zahteval približno 12 kg substrata. Izveden je bil načrt prehranjevanja, ki vključuje tri faze, pri čemer je bilo v vsaki fazi dodano 30 % substrata za zagotavljanje ustrezne prehrane. Za ličinke, namenjene inaktivaciji, je bila nadaljnja reja izvedena na posebnem območju, na žičnih stojalih. Ličinke so bile nameščene v pladnjih, napolnjenih z mešanim substratom rastlinskih ostankov, piščančje krme in vode. Dodatni substrat je bil apliciran v vsaki fazi hranjenja, s tem smo zagotavljali ohranjanje rasti ličink. Ko so ličinke dosegle zeleno velikost in barvo, so bile ločene od substrata s pomočjo sistema sit in nato zamrznjene za prihodnje analize. Preostale ličinke so bile namenjene za vzdrževanje kolonije in parjenje. Rejene, na podoben način, so bile hranjene z mešanico piščančje krme in vode, pri čemer so bile faze hranjenja prilagojene glede na potrebe. Po dosegu faze višje starosti so bili identificirani primerni zaboji in ličinke ločene od krmnega substrata. Nekatere ličinke so bile nato prenesene v temne kletke, kjer so se razvile v odrasle muhe. Po izhodu iz temnih kletk, so bile muhe izpuščene v posebej osvetljene kletke za parjenje, kjer je prišlo do parjenja in odlaganja jajčec. Zbiranje jajčec je bilo olajšano z nadomeščanjem komor za polaganje jajčec nad hranilne posode s pomočjo žičnatega sita. Izležene ličinke so bile uporabljene za nadaljnje cikle reje. Ta postopek je bil ponovljen glede na potek procesa z namenom zagotavljanja enotne starost organizmov in optimiziranja učinkovitosti reje ter razmnoževanja.

4.3.4 VZORCI

Tabela 2: Uporabljeni vzorci, njihova formulacija in donosi.

Št. vzorca	Starost (dan)	Vrsta substrata	Sestava substrata (g)	Izrabljen substrat (g)	Donos larv (g)
1	14	Koruzni drobir	2755	3930	1900
		Voda	6900		
		Piščancje krmilo	2755		
2	16	Paradižnik (plod in listje)	5451	2560	1520
		Voda	6900		
		Piščancje krmilo	1781		
		Sladkorna pesa	1182		
3	16	Paradižnik (plod in listje)	7115	2560	1520
		Koruzni drobir	3000		
		Sladkorna pesa	1884		
		Voda	513		
4	30	Koruzni drobir	5000	3650	760
		Voda	5750		
5	22	Koruzni drobir	2753	2300	780
		Sladkorna pesa	1050		
		Voda	500		
		Paradižnikov plod	4500		
		Jajčevce	547		
6	17	Piščancje krmilo	4950	3630	1250
		Voda	7680		

4.3.5 WEENDSKA ANALIZA

Pomemben delež informacij o kemijski sestavi vzorcev smo dobili z uporabo analiz, ki jih imenujemo Weendska analiza. Pred več kot sto leti sta jo razvila nemška znanstvenika Henneberg in Stohman, ki sta delala na eksperimentalni postaji Göttingen-Weende (Levart, 2023).

Weendska analiza spada v skupino dogovorjenih (empiričnih) metod. Pri slednjih je rezultat pogosto popolnoma odvisen od uporabljene metode, zato se moramo natančno držati predpisanih navodil za izvedbo postopka, saj so reprezentativni le rezultati pridobljeni na ta način. Pri weendski analizi krmo razdelimo na šest delov (Levart, 2023):

- vlago (suho snov)
- surovi pepel
- surove beljakovine
- surove maščobe (etrski ekstrat)
- surove vlaknine in
- brezdušični izvleček.

4.3.6 SUHA SNOV

Suha snov predstavlja preostanek vzorca potem, ko iz njega že odstranimo vso vlago. Postopek odstranjevanja vode imenujemo sušenje. Vzorce do konstantne mase sušimo na različne načine. Najpogosteje jih sušimo v sušilniku pri 103 – 105 °C, lahko pa jih sušimo tudi v mikrovalovni

pečici. Pri sušenju vzorca na visoki temperaturi (nad vreliščem vode) se spremeni njegova sestava, zato slednji ni več primeren za nadaljne analize. Dodatno težavo pri sušenju povzročajo tudi hlapne spojine, ki med postopkom odhlapevajo (npr. hlapne kisline). V takih primerih vlago v vzorcih določamo na druge načine (Levart, 2023).

Predlagan postopek je namenjen določitvi suhe snovi v krmi ali namenjen določitvi suhega preostanka pri določevanju vsebnosti v vzorcih po hidrolizi vzorcev v kisli raztopini (Levart, 2023). Suho snov smo določali gravimetrično (s tehtanjem) tako, da smo stehtali vzorce pred in po sušenju. Posušene vzorce smo, zaradi nevarnosti navlaževanja, shranjevali v eksikatorju.

Oprema, ki jo potrebujemo za določanje suhe snovi:

- laboratorijski sušilnik
- stekleni tehtiči (posodice s pokrovčki, v katerih sušimo vzorce)
- analizna tehtnica (natančnost tehtanja 0,5 mg) in
- eksikator, v katerem je sušilno sredstvo (silikagel), ki preprečuje navlažitev.

Postopek:

Za sušenje uporabimo suhe steklene tehtiče, ki jih do izvedbe hranimo v eksikatorju. Na analizni tehtnici smo stehtali maso tehtiča s pokrovčkom in zapisali vsa decimalna mesta. Tehtiče smo jemali iz eksikatorja enega za drugim in eksikator, zaradi navlažitve, vedno zaprli. V tehtiče smo nato prenesli 2–3 grame vzorca in stehtali. Vzorce smo nato enakomerno razporedili po dnu tehtiča. Sušilno peč smo segreli na 103 °C in vanjo prenesli tehtiče ter jih odprli. Tehtiče smo namestili tako, da je bil omogočen prost pretok zraka in se med seboj niso dotikali. V tehtičih smo vzorce sušili do konstante mase, kar smo preverjali tako, da smo tehtiče vzeli iz sušilnika, jih ohladili in stehtali. Tehtiče smo tako ponovno dali v sušilno peč za eno uro in ponovno stehtali. Postopek smo ponavljali do konstantne mase.

Enačba po kateri smo izračunali suho snov v vzorcu:

$$SS \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{(m_c - m_a)}{(m_b - m_a)} \times 100, \quad \text{(Enačba 1)}$$

kjer je:

m_a – masa tehtiča in pokrovčka (g)

m_b – masa tehtiča, pokrovčka in vzorca pred sušenjem (g) in

m_c – masa tehtiča, pokrovčka in vzorca po sušenju (g).

Končni rezultat podamo kot povprečno vrednost vseh ponovitev (minimalno 2 ponovitvi).

4.3.7 SUROVI PEPEL

Surovi pepel je anorganski ostanek vzorca po sežigu v žarilni peči. Surovi pepel predstavljajo karbonati, silikati in druge mineralne snovi, ki se pojavljajo predvsem v obliki oksidov. Poleg anorganskih snovi lahko surovi pepel vsebuje tudi material organskega izvora, kot sta lahko žveplo in fosfor. Pri sežigu običajno prihaja do hlapenja nekaterih anorganskih spojin natrija, klora, fosforja in žvepla (Levart, 2023).

Vzorci pri katerih smo določali količino surovega pepela smo najprej sežgali v žarilni peči pri dovolj visoki temperaturi (550 °C), da je vsa organska snov zgorela. Po končanem sežiganju smo jih ohladili v eksikatorju.

Oprema, ki jo potrebujemo za izvedbo postopka:

- žarilna peč
- žarilni lončki
- kovinska prijemalka za prenašanje žarilnih lončkov
- analizna tehtnica in
- eksikator.

Postopek:

Očiščene žarilne lončke smo prežarili v žarilni peči in jih po žarjenju prenesli v eksikator, da so se ohladili. Ohlajene lončke smo nato stehali na analizni tehtnici in zapisali vsa decimalna mesta. V ohlajene in stehane lončke smo zatehtali 3–5 g vzorca. Žarilno peč smo segreti na 520–550 °C. Ko je bila ogreta smo vanjo s kovinsko prijemalko prestavili lončke. Vrata peči smo na začetku pustili odprta, saj smo s tem omogočili dostop kisika. Ko je organska snov zgorela smo vrata zaprli in nadalje žgali na temperaturi, ki ni smela presegati 600 °C (približno 12 ur), saj v tem območju začnemo zgubljeni nekatere bolj hlapne mineralne snovi (fosfati, nekateri kloridi). Sežig je bil končan, ko je pepel dobil belo do svetlo sivo barvo. Lončke smo ohladili v eksikatorju in jih stehali.

Enačba za izračun suhega pepela:

$$SP \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{(m_c - m_a)}{(m_b - m_a)} \times 100, \quad \text{(Enačba 2)}$$

kjer je:

m_a – masa žarilnega lončka (g)

m_b – masa žarilnega lončka in vzorca (g) in

m_c – masa žarilnega lončka in surovega pepela (g).

Končni rezultat podamo kot povprečno vrednost med vsemi rezultati istega vzorca (minimalno 2 ponovitvi).

4.3.8 SUROVE BELJAKOVINE (DOLOČANJE DUŠIKA PO KJELDAHLU)

Kjeldahlova metoda je standardna metoda za določevanje beljakovin v krmi. Razvita je bila konec 19. stoletja. Vsebnost beljakovin v vzorcu izračunamo tako, da izmerjeno vsebnost dušika v vzorcu pomnožimo z ustreznim faktorjem (6,25 za meso in krmo; 6,38 za mlečne izdelke; 5,7 za žita). Faktor je odvisen od deleža dušika v beljakovinah. Glavni pomankljivosti metode sta predpostavki, da dušik predstavlja 16 % beljakovin in da je v celoti v vzorcih beljakovinskega izvora (Levart, 2023).

Kjeldahlova metoda je razdeljena v tri korake:

- razklop vzorca
- destilacija amonijaka in
- določitev množine s titracijo.

Oprema, ki jo potrebujemo za izvedbo postopka:

- analizna tehtnica
- Kjeldahlove epruvete (ali steklenice)
- termični blok za razklop, opremljen z grelcem in absorberjem za sproščene pline
- destilacijska enota
- bireta in
- Erlenmajerjeve steklenice.

Reagenti:

- koncentrirana žveplova (VI) kislina (96 %)
- 40 % vodna raztopina natrijevega hidroksida
- trden bakrov(II) sulfat(VI) pentahidrat
- trden kalijev sulfat(VI)
- 2 % vodna raztopina borove kisline
- mešan indikator (metil rdeče-bromkrezol zeleno) in
- standardna raztopina klorovodikove kisline (1,0 molarna raztopina)

Postopek:

1. Razklop vzorca

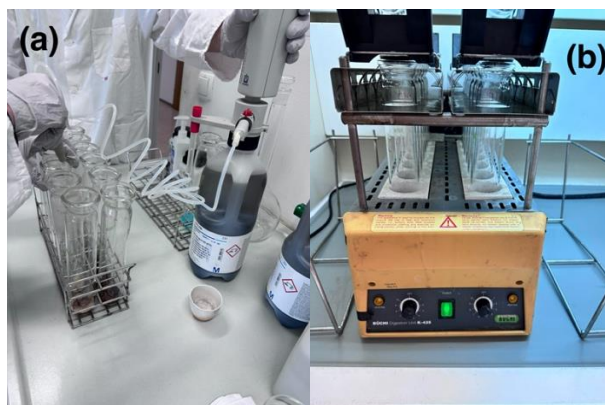
Na analizni tehtnici smo zatehtali 0,5 g vzorca in zapisali vsa decimalna mesta. Vzorce smo po tehtanju prenesli v Kjeldahlove epruvete in dodali še žličko mešanice bakrovega sulfata in kalijevega sulfata ter 12 mL 96 % H_2SO_4 . Vsebino smo dobro premešali. Pripravili smo tudi »slepe« vzorce, tako da smo v epruvete dodali vse reagente razen vzorca. Epruvete smo v digestoriju namestili v blok za segrevanje. Ker med postopkom nastajajo plini, je bil slednji opremljen z absorberjem plinov. Razklop je bil končan, ko se je raztopina zbistrla. Raztopino smo nato ohladili in razredčili z destilirano vodo.

2. Destilacija amonijaka

Amonijak smo iz kisle raztopine po razklopu ločili z uporabo destilacijske enote, v kateri običajno poteka destilacija z vodno paro. Vzorce smo najprej na-alkalili z dodajanjem 40 % vodne raztopine NaOH, pri čemer amonijevi ioni preidejo v hlapno obliko NH_3 . V alkalnem mediju se je najprej izločila svetlo modra oborina, ki se je nato v vročem obarvala v črno. Raztopino smo nato destilirali 3 minute. Destilat smo ujeli v Erlenmajerjeve steklenice, v katere smo predhodno dodali 60 mL 2 % vodne raztopine borove kisline (H_3BO_3) in 5 kapljic indikatorja. Pri reakciji med borovo kislino in amonijakom je nastal amonij-boratni kompleks.

3. Določanje množine amonijaka s titracijo

V Erlenmajerjevi steklenici ujet destilat smo nato titrirali z 1,0 M raztopino HCl. Titracija je bila končana, ko je prišlo do spremembe barve – iz modre v roza. Na enak način smo titrirali tudi »slepi« vzorec. Po vsaki titraciji smo zapisali točno količino porabljene kisline.



Slika 2: (a) Priprava vzorca za razklop in (b) blok za segrevanje.

Enačba za izračun vsebnosti dušika v vzorcu:

$$m_N \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{(V_a - V_b) \times c_{HCl} \times M_N}{m_{vz}} \times 10, \quad \text{(Enačba 3)}$$

kjer je

V_a – poraba HCl pri titriranju (L)

V_b – poraba HCl pri titriranju slepega vzorca (L)

c_{HCl} – točna koncentracija HCl (mol/L)

M_N – molska masa dušika (g/mol) in

m_{vz} – masa zatehtanega vzorca (g).

Enačba za izračun vsebnosti surovih beljakovin (SB) v vzorcu:

$$SB \left(\frac{g}{100g} \right) = m_N \times F, \quad \text{(Enačba 4)}$$

kjer sta

m_N – vsebnost dušika v vzorcu in

F – faktor (6,25).

3.3.9 SUROVE MAŠČOBE

Z Weendsko analizmo smo določali tudi vsebnost surovih maščob v vzorcih. Surove maščobe so komponente snovi, ki jo iz vzorca ekstrahiramo z organskim topilom. Maščobe ob pomoči

univerzalnega aparata (Foss Soxtec 2050) ekstrahiramo z ustreznim topilom. Po končani ekstrakciji odparimo topilo, pripravljen preostanek sušimo in stehamo (Levart, 2023).

Oprema, ki jo potrebujemo za določanje surovih maščob:

- aparat za hidrolizo
- aparat za ekstrakcijo
- steklene posodice za hidrolizo
- steklene ekstrakcijske bučke in
- vrelni kroglice.

Postopek:

1. Hidroliza

V posodo za hidrolizo smo zatehtali po 2 g posameznih vzorcev. Vzorce smo s stojalom vstavili v stekleno posodo aparature za hidrolizo. V posodo z vzorcem smo dolili 800 mL 4,0 M raztopine HCl. Posodo smo postavili na grelno ploščo in nanjo postavili hladilnik. Zgornjo ročko smo nastavili na odstranjevanje pare (*angl.* fume removal) in spodnjo na položaj za hladilno vodo (*angl.* condenser water). Preko vstopa vode v sam sistem, smo aparaturi omogočili pretok vode 0,4 L/min. Z vklopom grelne plošče smo z nastavitvami dosegli najvišjo temperaturo, pri kateri vsebina zavre. Enakomerno vrenje vsebine smo nato pustili 60 minut. Po pretečenem času smo na sistem priključili cev za odsesavanje tekočine in izvedli spiranje. Vzorec smo spirali z destilirano vodo, sam postopek spiranja pa smo ponovili 10-krat. Na omenjen način smo odstranili raztopino kilsine. Vzorce smo v nadaljevanju postavili na vpojni papir in jih nato sušili v sušilniku pri 60 °C (3 ure).



Slika 3: Sistem za hidrolizo.

2. Ekstrakcija

V suhe ekstrakcijske na analizni tehtnici in zapisali vsa decimalna mesta. Na suhe posode z vzorci smo namestili ekstrakcijske tulce in jih vstavili v nosilec aparata za ekstrakcijo. V aparat smo nato namestili še ekstrakcijske bučke in jih napolnili s petroletrom (80 mL).

Celoten postopek ekstrakcije je avtomatiziran proces, sestavljen iz treh faz:

- ekstrakcija s tulci, potopljenimi v topilo (25 min),
- ekstrakcija s tulci, dvignjenimi nad topilo (40 min) in

- odparevanja topila iz bučke (10 min).

Zbrano topilo smo nato reciklirali za nadaljnjo rabo vzorcev. Po procesu smo ekstrakcijske bučke z ekstratom posušili v sušilniku (1 ura, 98 °C), jih ohladili v eksikatorju in stehali.

Enačba za izračun surovih maščob:

$$SM \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{(m_b - m_a)}{m_c} \times 100, \quad (\text{Enačba 5})$$

kjer je

m_b – masa bučke in ekstrata po ekstrakciji (g)

m_a – masa ekstrakcijske bučke (g) in

m_c – masa zatehtanega vzorca (g).

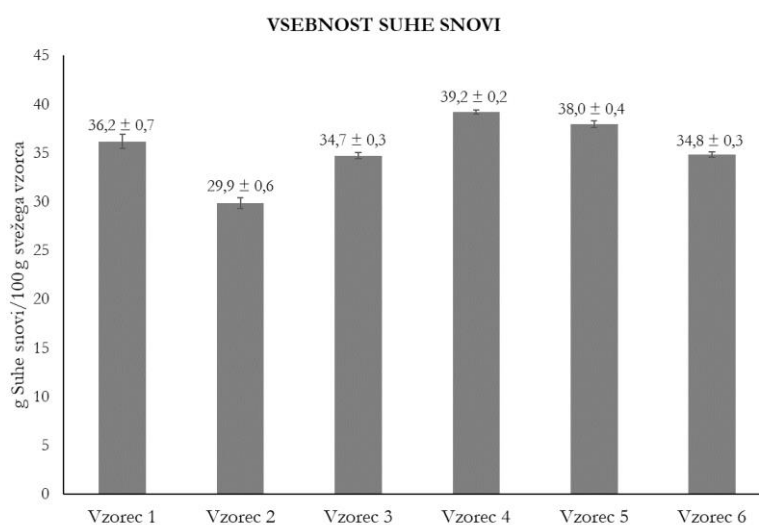
4.3.10 KVANTITATIVNA DOLOČITEV SKUPNEGA FLUORIDA

Skupna (totalna) koncentracija fluorida v vzorcih ličink črne bojvniške muhe je bila določena po predhodnem razklopu v alkalno-karbonatni talini, v platinastih lončkih. Količina fluorida je bila nato potenciometrično določena na sistemu Metrohm 906 Titrando, opremljenim s temperaturnim senzorjem, sklopljenim s selektivno elektrodo za fluoridne ione (iono-selektivna metoda, Thermo Fisher Scientific Orion 96-09) (Ponikvar et al., 2007).

4.4 REZULTATI

4.4.1 REZULTATI DOLOČANJ SUHE SNOVI

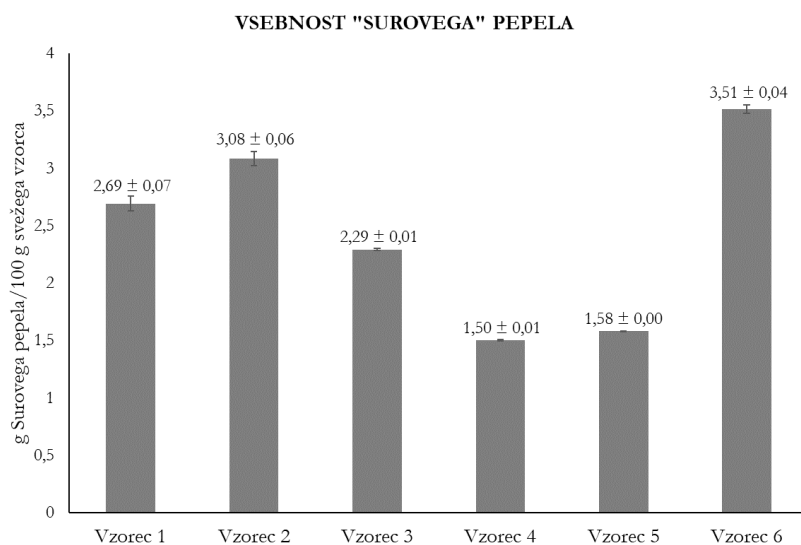
V pričujočem raziskovalnem delu smo obravnavane vzorce analizirali po metodah Weendske analize, ki ima na področju živilske kemije pomembno vlogo. Ker analizne metode na vzorcih novo zastavljenega bioprocesa, na modelu črne bojevniške muhe, še niso bile uporabljene, smo jih na tej liniji uporabili prvič. Po standardnem protokolu smo dolčevali maso analizirane komponente na 100 g svežega vzorca.



Graf 1: Masa suhe snovi, prisotne v 100g svežega vzorca.

Rezultati analize vsebnosti suhe snovi (**Graf 1**) prikazujejo njen največji delež v Vzorc 4 (39,2 g suhe snovi/ 100 g svežega vzorca), kjer so bile ličinke 30 dni hranjene pretežno s koruznim drobirjem. Najmanjšo vsebnost suhe snovi je izkazoval Vzorec 2, kjer so se ličinke črne bojevniške muhe 16 dni prehranjevale s paradižnikom, piščančjim krmilom in sladkorno peso (29 g suhe snovi/ 100 g svežega vzorca). Preostali vzorci so se gibali med omenjenima vrednostma.

4.4.2 REZULTATI DOLOČANJ »SUROVEGA« PEPELA

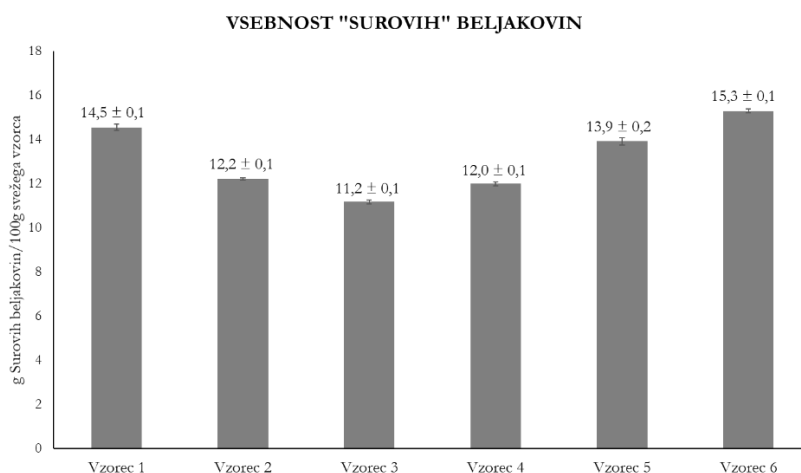


Graf 2: Masa surovega pepela v 100 gramih svežega vzorca

Skozi proces analize, se je izkazalo, da je najvišjo količino surovega pepela vseboval Vzorec 6, vrednosti 3,51 g surovega pepela/ 100 g svežega vzorca (**Graf 2**). Vzorec je izhajal iz bioprocesa, kjer so bile ličinke črne bojevniške muhe 17 dni krmljene s piščančjo krmo. V primerjavi z omenjenim, je Vzorec 4, pri vrednosti 1,50 g surovega pepela/ 100 g svežega vzorca, izkazoval najnižjo določeno vsebnost omenjenega analita. Organizem je bil 30 dni tako krmljen s koruznim drobirjem. Podoben rang vsebnosti je izkazoval tudi Vzorec 5, kjer so bile ličinke preučevanega organizma poleg koruznega drobirja krmljene še z dodatkom sladkorne pese, plodom paradižnika in jajčevca.

4.4.3 REZULTATI DOLOČANJA »SUROVIH« BELJAKOVIN

»Surove« beljakovine v obravnavanih vzorcih smo določali z metodo določanja vsebnosti dušika po Kjeldahlu.

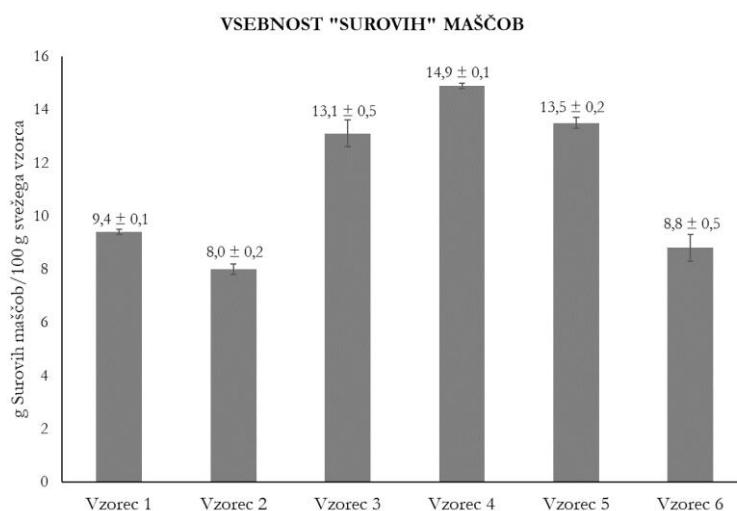


Graf 3: Masa surovih beljakovin v 100 gramih svežega vzorca

Podatki analize kažejo, da je od analiziranih vzorcev Vzorec 6 najbolj bogat z beljakovinami. Ličinke črne bojovniške muhe so bile v njegovem primeru 17 dni hranjene s piščančjim krmilom (**Graf 3**). Določeno je bilo 15,3 g surovih beljakovin/ 100 g vzorca. Najmanj surovih beljakovin je vseboval Vzorec 3, v katerem so bile ličinke 16 dni krmljene s plodovi in listi paradižnika, koruznim drobirjem, sladkorno peso in vodo. Določenih je bilo 11,2 g surovih beljakovin/ 100 g svežega vzorca. Posebno velikih odstopanj med vzorci ni mogoče zaznati. Zaključimo lahko, da proteinska vsebnost niha med 11,2 in 15,3 g/ 100 g svežega vzorca.

4.4.4 REZULTATI DOLOČANJ »SUROVIH« MAŠČOB

Zadnja v sklopu Weendske analize je kvantitativna določitev »surovih maščob.

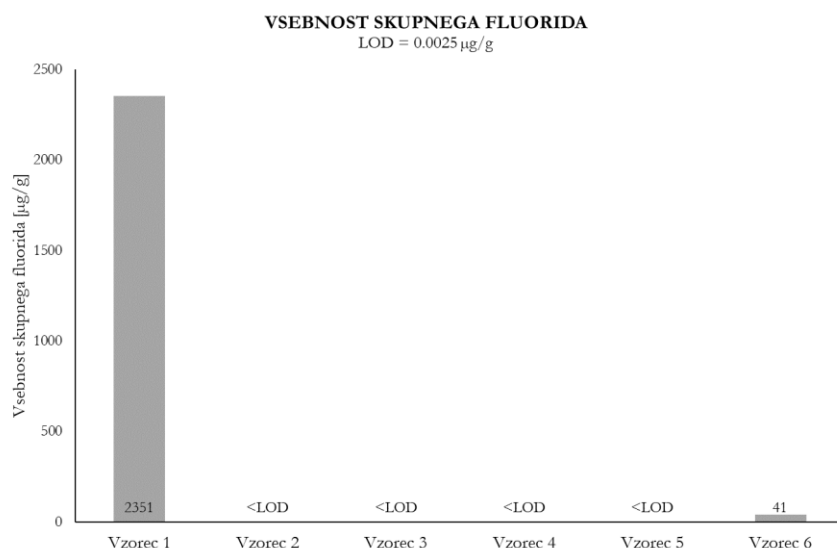


Graf 4: Masa surovih maščob v 100 gramih svežega vzorca

Podatki analize kažejo nihanje maščobnih komponent (**Graf 4**). V intervalu vsebnosti od 8,0 do 14,0 g surovih maščob/ 100 g svežega vzorca, je Vzorec 4 izkazoval največjo vsebnost maščobnih komponent (30 dni hranjenja s koruznim drobirjem in vodo). Omenjenemu sta po določitvah primerljiva Vzorec 3 in Vzorec 5. Vsi vzorci so bili izpostavljeni bioprocesu nad 12 dni. Najmanj maščob 8,0 g/ 100 g svežega vzorca je vseboval Vzorec 2, ki je kot osnovno hranilo za žuželke 16 dni bioprocesa vseboval plodove in liste paradižnika, sladkorno peso, piščančje krmilo in vodo. V okviru omenjene vrednosti se gibata tudi Vzorec 1 (substrat: plod in listi paradižnika, koruzni drobir in sladkorna pesa) in Vzorec 6 (substrat: piščančje krmilo in voda) pri katerih je bio proces potekal v primerljivem času.

4.4.5 REZULTATI KVANTITATIVNIH DOLOČITEV SKUPNEGA FLUORIDA

Vsebnost skupnega fluorida v vzorcih ličink črne bojovniške muhe je bila, po predhodni alkalno-karbonatni talini, določena z iono-selektivno elektrodo za fluoridne ione.



Graf 5: Prikaz rezultatov določitve skupne koncentracije fluorida v vzorcih črne bojvniške mube.

Rezultati meritev (**Graf 5**) kažejo najvišjo vsebnost fluorida (2351 µg/g) v Vzorcju 1, v katerem so bile ličinke 15 dni hranjene s paradižnikom (plod in listi), koruznim drobirjem in sladkorno peso. Vzorec 6 je, glede na prej omenjenega, fluorida vseboval bistveno nižjo vsebnost, 41 µg/g. Ličinke so se 17 dni prehranjevale s piščančjim krmilom in vodo. Vsebnost fluorida v preostalih štirih vzorcih je bila pod mejo zaznave. Tako gojitveni proces 14 dni na pretežno vodnem substratu, ter 22 in 30 dnevno krmljenje v prehransko bogatih substratih (sorodno Vzorcju 1) ni pokazalo akumuliranega fluorida.

5. ZAKLJUČEK

Naša raziskava je prinesla zanimive ugotovitve o odnosu posameznikov do uživanja hrane iz žuželk. S pomočjo anketnega vprašalnika smo raziskovali, kako različni demografski dejavniki vplivajo na sprejemanje in stališča do tega inovativnega prehrabnega trenda.

Presenetila nas je ugotovitev da se tako moški kot ženske izkazujejo kot dovzetni za preizkušanje novih jedi, pri čemer so ženske izrazile nekoliko manjši odpor kot moški. Različne starostne skupine so pokazale različne stopnje odprtosti do novih okusov, pri čemer so se posamezniki med 25. in 45. letom starosti izkazali za najbolj raziskovalno naravnane. Zanimivo je, da so ženske bolj odprte za preizkušanje eksotičnih jedi drugih kultur. Nadalje je analiza razkrila, da je večina anketirancev še vedno zadržana do uživanja užitnih žuželk, vendar je med mlajšimi posamezniki, od 15. do 25. leta, opaziti večjo naklonjenost temu konceptu. Nasprotno pa so se posamezniki med 65. in 85. letom izkazali za najmanj naklonjene tej ideji, kar kaže na vpliv prepričanij in izkušenj na sprejemanje novih prehrabnih trendov.

Odgovori na vprašanja o sprejemanju užitnih žuželk kot krme za živali so pokazali relativno visoko stopnjo odprtosti med vsemi starostnimi skupinami, pri čemer so se posamezniki med 25. in 45. letom starosti izkazali za najbolj dojemljive. Moški so v povprečju izkazali nekoliko večjo naklonjenost tej ideji kot ženske.

Tako moški kot ženske so v povprečju naklonjeni ideji uživanja živil živalskega izvora, ki vsebujejo surovine iz užitnih žuželk, pod pogojem, da je na embalaži jasna informacija o njihovi uporabi. Ženske so ocenile povprečno višje kot moški, kar lahko nakazuje na njihovo večjo zaupljivost v informacije o uporabi žuželk v krmi. Prav tako so oboji pozitivno ocenili varnost živil živalskega izvora, ki vsebujejo surovine iz užitnih žuželk, pri čemer so ženske ponovno ocenile višje. Glede vpliva krmljenja živali z žuželčjo krmo na zdravje rejnih živali so povprečne ocene pozitivne, vendar so nižje kot pri prejšnjih dveh trditvah.

Skupno gledano, naše raziskave ponujajo dragocene vpogled v sprejemanje in stališča javnosti do uživanja hrane iz žuželk. Mlajše generacije se zdijo bolj odprte za tovrstne prehrabne inovacije, medtem ko je sprejemljivost med starejšimi posamezniki nekoliko manjša. Te ugotovitve lahko služijo kot osnova za nadaljnje raziskave in razvoj prehrabnih politik ter marketinških strategij, ki bi spodbujale sprejemanje alternativnih virov hrane.

Celovita kemijska raziskava sestave ličink črne bojvniške muhe je zajemala serijo analiz, katerih namen je bil pridobiti vpogled v njihove osnovne lastnosti. Serija kvantitativnih določitev je zajemala določanje suhe snovi, »surovega« pepela, »surovih« beljakovin in »surovih« maščob. S standardno metodologijo in tehnikami določitve smo skušali razjasniti dejavnike, ki vplivajo na prehranski profil ličink črne bojvniške muhe, s čimer smo osvetlili njihovo potencialno uporabo na različnih področjih, zlasti v kmetijstvu.

Analize so razkrile pomembno variacijo v vsebnosti suhe snovi med različnimi vzorci ličink črne bojvniške muhe. Starost ličink se je izkazala kot ključni dejavnik, ki vpliva na analizirano lastnost. Mlajše ličinke so pokazale nižjo vsebnost suhe snovi v primerjavi s starejšimi, kar je bilo povezano z razlikami v njihovih substratih in presnovni aktivnosti. Zanimivo je, da so substrati, ki vsebujejo koruzni drobir, pokazali najvišjo vsebnost suhe snovi. Poleg omenjenega so analize poudarile

pomen sestave substrata pri modulaciji prehranske kakovosti ličink, kar je ključno za potencial optimizacije praks gojenja insektov.

Določitev vsebnosti surovega pepela je razkrila zanimive vpoglede. Opazili smo jasno povezavo med starostjo ličink in vsebnostjo pepela, pri čemer so mlajše ličinke pokazale višje vsebnosti. Pojav je mogoče pripisati razlikam v prehranskih vnosih in učinkovitosti izkoriščanja hranilnih snovi v različnih fazah rasti organizmov. Zlasti so substrati, obogateni s piščančjim krmilom, pokazali nadpovprečno vsebnost pepela, kar kaže na koristno vlogo piščančjega krmila pri izboljšanju mineralnega odlaganja v ličinkah.

Določitev vsebnosti surovih beljakovin je podala zanimive uvide v prehransko kakovost ličink. Analize so razkrile pomemben vpliv sestave substrata na vsebnost beljakovin, pri čemer so substrati, ki vsebujejo piščančje krmilo, pokazali nadpovprečne vsebnost beljakovin. Iz podatkov je razvidno, da skoraj enako stare ličinke vsebujejo najnižjo in najvišjo vsebnost beljakovin. Glede na navedeno lahko sklepamo, da na vsebnost beljakovin starost nima bistvenega vpliva. Rezultat poudarja tudi dinamično naravo presnovnih procesov ličink in asimilacijo hranil. Dejstvo bi lahko aplicirali pri proizvodnih pogojih z namenom optimalne produkcije beljakovin črne bojvniške muhe kot trajnostnega vira esencialnih aminokislin za dopolnitev krme za živino in aplikacije v akvakulturi.

Pri določitvi vsebnosti surovih maščob so se, v skladu s pričakovanji, pokazale starostne variacije v vsebnosti maščob, pri čemer so starejše ličinke pokazale višjo vsebnost maščob. Navedeno je posledica razlik v metabolizmu lipidov in dinamiki shranjevanja v različnih razvojnih stopnjah ličink. Vzorci z nadpovprečno vsebnostjo surovih maščob, so predstavljali ličinke, ki so bile med drugim hranjene s koruznim drobirjem, v vzorcih z najnižjo vsebnostjo surovih maščob pa so bile ličinke hranjene z piščančjim krmilom. Sklepamo, da je koruzni drobir primernejši substrat kot piščančje krmilo.

V drugem delu eksperimentalnega dela smo se posvetili določanju vsebnosti skupnega fluorida v vzorcih ličink črne bojvniške muhe. Skupni fluorid smo kvantitativno določali z uporabo ionoselektivne elektrode za fluoridne ione po predhodni popolni razgradnji z alkalno-karbonatno talino. Pokazali smo, da je bila v štirih, od skupno šestih vzorcev, vsebina skupnega fluorida pod mejo zaznave. Le vzorca 1 in 6 sta pokazala njegovo dovoljšnjo količino. Vzorec 1 je vseboval 2351 $\mu\text{g/g}$ fluorida, v katerem so bile ličinke stare 15 dni, medtem ko ga je Vzorec 6 vseboval zgolj 41 $\mu\text{g/g}$. Vzorec 6 je predstavljal ličinke stare 17 dni. Iz rezultatov je tako težko razbrati pomen dejavnikov, ki vplivajo na vsebnost skupnega fluorida. Vzorčene ličinke so bile v obeh primerih primerljive starosti. Ličinke so bile v obeh primerih hranjene z različnimi koncentracijami substratov, zato velja vzeti v obzir, da je prav slednje lahko vplivalo k prispevku izmerjenega skupnega fluorida.

Rezultati interdisciplinarne povezave statističnega in eksperimentalnega dela so tako potrdili zastavljeni hipotezi. Ključna povezava obeh delov, v skupno celoto, je odprla mnoge ideje za nadaljnje inovacije in poglobljeno osvetlila pomen uporabe žuželk z vidika različnih strok.

6. VIRI

- Armas, G. (2021). *Eating the right insects can provide nutrition ... and might be good for the planet* | American Heart Association. <https://www.heart.org/en/news/2021/10/22/eating-the-right-insects-can-provide-nutrition-and-might-be-good-for-the-planet>
- Bairagi, S. H. (2019). Insects with Potential Medicinal Significance: A Review. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 16(3), 12024–12027. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2019.16.002849>
- Chernysh, S., Kim, S. I., Bekker, G., Pleskach, V. A., Filatova, N. A., Anikin, V. B., Platonov, V. G., & Bulet, P. (2002). Antiviral and antitumor peptides from insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(20), 12628–12632. <https://doi.org/10.1073/pnas.192301899>
- Devi, W. D., Bonysana, R., Kapesa, K., Mukherjee, P. K., & Rajashekar, Y. (2023). Edible insects: As traditional medicine for human wellness. *Future Foods*, 7, 100219. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100219>
- Duzell, M. (n.d.). *Hermetia illucens*. Animal Diversity Web. Retrieved February 15, 2024, from https://animaldiversity.org/accounts/Hermetia_illucens/
- FAO. (2013). *The State of Food and Agriculture 2013*. <https://www.fao.org/3/i3300e/i3300e00.htm>
- Halloran, A., Münke-Svendsen, C., Huis, A., & Vantomme, P. (2014). Insects in the human food chain: Global status and opportunities. *Food Chain*, 4, 103–118. <https://doi.org/10.3362/2046-1887.2014.011>
- Hubert, A. (2021, July 12). *Why we need to give insects the role they deserve in our food systems*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2021/07/why-we-need-to-give-insects-the-role-they-deserve-in-our-food-systems/>
- Huis, A. van. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Jeran, M., & Bonin, L. (2024). Towards sustainable nutrition: Could mealworms provide a solution? *Science in School*. <https://www.scienceinschool.org/article/2024/sustainable-nutrition-with-mealworms/>
- Jeran, M., Bonin, L., & Hafner Korošec, J. (2023). *Mokarji (Tenebrio molitor) kot trajnostna super hrana prihodnosti*. 2.
- Kröger, T., Dupont, J., Büsing, L., & Fiebelkorn, F. (2022). Acceptance of Insect-Based Food Products in Western Societies: A Systematic Review. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.759885>
- Levart, A. (2023). *NAVODILA ZA LABORATORIJSKE VAJE - WEENDSKA ANALIZA*.
- Li, L., Wang, Y., & Wang, J. (2016). Intra-puparial development and age estimation of forensically important *Hermetia illucens* (L.). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 19(1), 233–237. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.01.006>
- Lopez, M. J., & Mohiuddin, S. S. (2024). Biochemistry, Essential Amino Acids. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557845/>
- Nakamura, S., Ichiki, R., Shimoda, M., & Morioka, S. (2015). Small-scale rearing of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), in the laboratory: low-cost and year-round rearing. *Applied Entomology and Zoology*, 51. <https://doi.org/10.1007/s13355-015-0376-1>

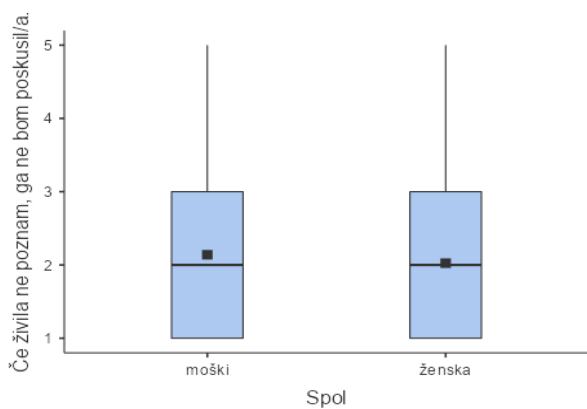
- Nowakowski, A. C., Miller, A. C., Miller, M. E., Xiao, H., & Wu, X. (2022). Potential health benefits of edible insects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(13), 3499–3508. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867053>
- Oibiokpa, F. I., Akanya, H. O., Jigam, A. A., Saidu, A. N., & Egwim, E. C. (2018). Protein quality of four indigenous edible insect species in Nigeria. *Food Science and Human Wellness*, 7(2), 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.05.003>
- Onwezen, M. C., Bouwman, E. P., Reinders, M. J., & Dagevos, H. (2021). A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite*, 159, 105058. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.105058>
- Oonincx, D. G. A. B., & de Boer, I. J. M. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—A life cycle assessment. *PLoS One*, 7(12), e51145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Park, S.-I., Chang, B. S., & Yoe, S. M. (2014). Detection of antimicrobial substances from larvae of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Entomological Research*, 44(2), 58–64. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12050>
- Pinotti, L., Giromini, C., Ottoboni, M., Tretola, M., & Marchis, D. (2019). Review: Insects and former foodstuffs for upgrading food waste biomasses/streams to feed ingredients for farm animals. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 13(7), 1365–1375. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003622>
- Ponikvar, M., Stibilj, V., & Žemva, B. (2007). Daily dietary intake of fluoride by Slovenian Military based on analysis of total fluorine in total diet samples using fluoride ion selective electrode. *Food Chemistry*, 103(2), 369–374. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.032>
- Popoff, M., MacLeod, M., & Leschen, W. (2017). Attitudes towards the use of insect-derived materials in Scottish salmon feeds. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 131–138. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0032>
- Ratcliffe, N., Azambuja, P., & Mello, C. B. (2014). Recent Advances in Developing Insect Natural Products as Potential Modern Day Medicines. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014, e904958. <https://doi.org/10.1155/2014/904958>
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802–823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Salomone, R., Saija, G., Mondello, G., Giannetto, 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. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.154>
- Siddiqui, S. A., Li, C., Aidoo, O. F., Fernando, I., Haddad, M. A., Pereira, J. A. M., Blinov, A., Golik, A., & Câmara, J. S. (2023). Unravelling the potential of insects for medicinal purposes—A comprehensive review. *Heliyon*, 9(5), e15938. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15938>
- Varelas, V. (2019). Food Wastes as a Potential New Source for Edible Insect Mass Production for Food and Feed: A review. *Fermentation*, 5(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/fermentation5030081>

- Verbeke, W., Sans, P., & Van Loo, E. J. (2015). Challenges and prospects for consumer acceptance of cultured meat. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 285–294.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60884-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60884-4)
- Verlič, Z. (2021). *Vpliv različnih substratov na rast, hranilno vrednost in mikrobiološko sliko ličink črne vojaške mube*. Univerza v Ljubljani.
- Weinrich, R., & Busch, G. (2021). Consumer knowledge about protein sources and consumers' openness to feeding micro-algae and insects to pigs and poultry. *Future Foods*, 4, 100100.
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100100>
- WHO. (2024). *Nutrition*. https://www.who.int/health-topics/nutrition#tab=tab_3
- Why we need to give insects the role they deserve in our food systems* | *World Economic Forum*. (n.d.). Retrieved February 15, 2024, from <https://www.weforum.org/agenda/2021/07/why-we-need-to-give-insects-the-role-they-deserve-in-our-food-systems/#:~:text=Insects%20contribute%20to%20the%20biological%20foundation%20of%20our,animal%20species%2C%20from%20birds%20to%20amphibians%20to%20humans.>
- Zhou, Y., Wang, D., Zhou, S., Duan, H., Guo, J., & Yan, W. (2022). Nutritional Composition, Health Benefits, and Application Value of Edible Insects: A Review. *Foods*, 11(24), 3961.
<https://doi.org/10.3390/foods11243961>

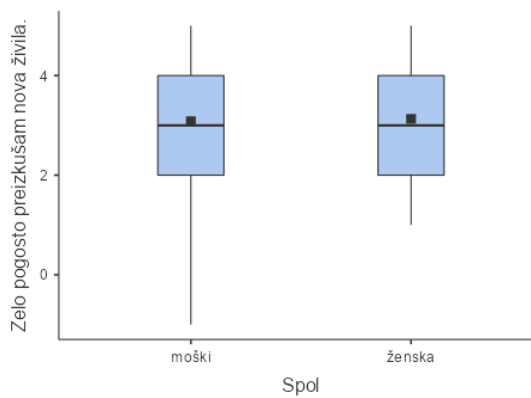
7. DODATEK

Tabela 3: Prehranska neofobija glede na spol.

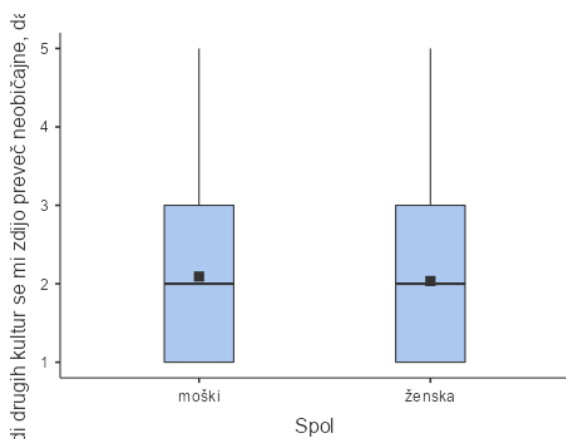
	Spol	Zelo pogosto preizkušam nova živila.	Če živila ne poznam, ga ne bom poskusil/a.	Rad/a imam eksotične jedi drugih kultur.	Eksotične jedi drugih kultur se mi zdijo preveč neobičajne, da bi jih jedla/jedel.	Bojim se jesti jedi, ki jih še nikoli nisem poskusil/a.
N	moški	302	302	302	302	302
	ženska	454	454	454	454	454
Povprečna vrednost	moški	3.0828	2.1391	3.5265	2.0927	2.1026
	ženska	3.1300	2.0242	3.5617	2.0352	2.1784
Povprečje st. napake	moški	0.0618	0.0555	0.0651	0.0582	0.0602
	ženska	0.0492	0.0462	0.0527	0.0489	0.0529
Mediana	moški	3.0000	2.0000	4.0000	2.0000	2.0000
	ženska	3.0000	2.0000	4.0000	2.0000	2.0000
Standardni odklon	moški	1.0736	0.9648	1.1314	1.0106	1.0468
	ženska	1.0478	0.9841	1.1235	1.0416	1.1262
Varianca	moški	1.1526	0.9308	1.2800	1.0213	1.0957
	ženska	1.0979	0.9685	1.2622	1.0848	1.2683



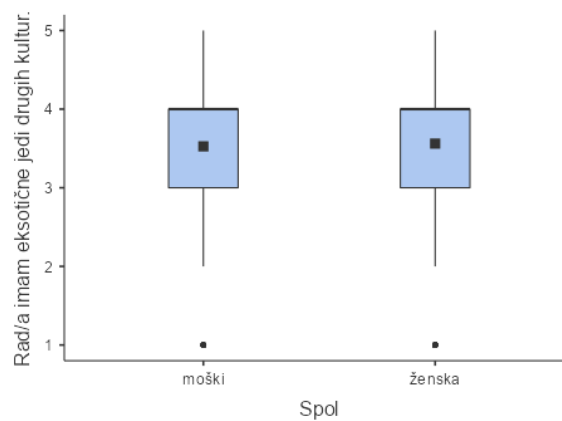
Graf 6: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os).



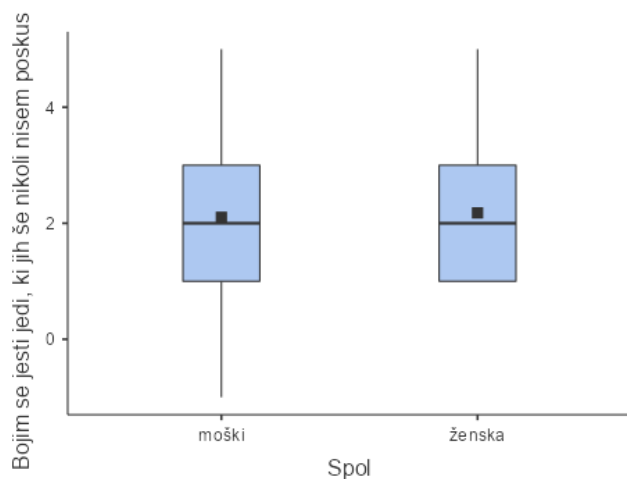
Graf 7: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os).



Graf 8: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os).



Graf 9: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os).



Graf 10: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os).

Tabela 4: Število moških in žensk, ki so poskusili žuželke.

Ali ste že kdaj jedli užitne žuželke?	Spol		Skupno
	moški	ženska	
1	80	102	182
2	222	352	574
Skupno	302	454	756

Tabela 5: Starostne skupine in izkušnje poskušanja užitnih žuželk.

Ali ste že kdaj jedli užitne žuželke?	Starostna skupina				Skupno
	15-25	25-45	45-65	65-85	
1	50	91	39	2	182
2	185	214	160	15	574
Skupno	235	305	199	17	756

Tabela 6: Odnos spolov do strahu pred novimi jedmi.

Bojim se jesti jedi, ki jih še nikoli nisem poskusil/a.	Spol		Skupno
	moški	ženska	
-1	1	0	1
1	100	147	247
2	108	168	276
3	56	68	124
4	33	53	86
5	4	18	22
Skupno	302	454	756

Tabela 7: Odnos spolov do prisotnosti žuželk v hrani ljudi.

... prehrani ljudi.	Spol		Skupno
	moški	ženska	
-1	0	1	1
1	40	72	112
2	39	61	100
3	86	120	206
4	84	139	223
5	53	61	114
Skupno	302	454	756

Tabela 8: Odnos starostnih skupin do žuželk v hrani ljudi.

... prehrani ljudi.	Starostna skupina				Skupno
	15-25	25-45	45-65	65-85	
-1	0	0	1	0	1
1	30	38	41	3	112
2	45	23	31	1	100
3	61	83	56	6	206
4	64	104	48	7	223
5	35	57	22	0	114
Skupno	235	305	199	17	756

Tabela 9: Odnos starostnih skupin do žuželk v krmu za piščance.

... krmu za piščance.	Starostna skupina				Skupno
	15-25	25-45	45-65	65-85	
-1	0	0	1	0	1
1	5	10	12	0	27
2	14	11	17	1	43
3	28	43	47	5	123
4	102	132	83	10	327
5	86	109	39	1	235
Skupno	235	305	199	17	756

Tabela 10: Odnos spolov do žuželk v krmu za piščance.

_.. krmu za piščance.	Spol		Skupno
	moški	ženska	
-1	0	1	1
1	9	18	27
2	20	23	43
3	48	75	123
4	115	212	327
5	110	125	235
Skupno	302	454	756

Tabela 11: Odnos spolov do žuželk v hrani hišnih ljubljencev.

_.. hrani za hišne ljubljence.	Spol		Skupno
	moški	ženska	
1	8	21	29
2	25	36	61
3	68	93	161
4	108	196	304
5	93	108	201
Skupno	302	454	756

Tabela 12: Odnos starostnih skupin do žuželk v hrani hišnih ljubljencev.

_.. hrani za hišne ljubljence.	Starostna skupina				Skupno
	15-25	25-45	45-65	65-85	
1	7	10	11	1	29
2	20	21	20	0	61
3	43	55	57	6	161
4	98	122	74	10	304
5	67	97	37	0	201
Skupno	235	305	199	17	756

Tabela 13: Odnos spolov do žuželke v krmi živali.

.. če je na embalaži JASNA INFORMACIJA o uporabi žuželk v krmi	Spol		Skupno
	moški	ženska	
-1	2	1	3
1	18	33	51
2	23	23	46
3	91	90	181
4	97	172	269
5	71	135	206
Skupno	302	454	756

Tabela 14: Odnos spolov do dokazano varne hrane iz žuželk.

.. če so ta živila DOKAZANO VARNA za prehrano LJUDI.	Spol		Skupno
	moški	ženska	
-1	2	1	3
1	17	35	52
2	9	16	25
3	43	41	84
4	108	165	273
5	123	196	319
Skupno	302	454	756

Tabela 15: Odnos starostnih skupin do dokazano varne hrane iz žuželk.

.. če so ta živila DOKAZANO VARNA za prehrano LJUDI.	Starostna skupina				Skupno
	15-25	25-45	45-65	65-85	
-1	2	0	1	0	3
1	12	17	22	1	52
2	7	6	11	1	25
3	18	30	33	3	84
4	85	103	75	10	273
5	111	149	57	2	319
Skupno	235	305	199	17	756

Tabela 16: Odnos starostnih skupin do različnih načinov uporabe žuželk.

	Starostna skupina	... prehrani ljudi.	... krmi za piščance.	... hrani za hišne ljubljence.
N	15-25	235	235	235
	25-45	305	305	305
	45-65	199	199	199
	65-85	17	17	17
Povprečna vrednost	15-25	3.1234	4.0638	3.8426
	25-45	3.3902	4.0459	3.9016
	45-65	2.8744	3.5829	3.5327
	65-85	3.0000	3.6471	3.4706
Mediana	15-25	3	4	4
	25-45	4	4	4
	45-65	3	4	4
	65-85	3	4	4
Standardni odklon	15-25	1.2497	0.9564	1.0278
	25-45	1.2309	0.9689	1.0309
	45-65	1.3178	1.1290	1.0767
	65-85	1.1180	0.7019	0.7998
Varianca	15-25	1.5616	0.9147	1.0563
	25-45	1.5150	0.9387	1.0627
	45-65	1.7367	1.2747	1.1593
	65-85	1.2500	0.4926	0.6397

Tabela 17: Odnos spolov do različnih načinov uporabe žuželk.

	Spol	... prehrani ljudi.	... krmi za piščance.	... hrani za hišne ljubljence.
N	moški	302	302	302
	ženska	454	454	454
Povprečna vrednost	moški	3.2351	3.9834	3.8377
	ženska	3.1145	3.8789	3.7357
Mediana	moški	3.0000	4.0000	4.0000
	ženska	3.0000	4.0000	4.0000
Standardni odklon	moški	1.2606	1.0293	1.0392
	ženska	1.2799	1.0211	1.0530
Varianca	moški	1.5891	1.0595	1.0799
	ženska	1.6381	1.0427	1.1088