

ANALIZA IZVEDLJIVOSTI UPORABE INSEKTNE BIOKONVERZIJE ZA PREDELAVO KMETIJSKIH STRANSKIH PROIZVODOV IN ZAGOTAVLJANJE ALTERNATIVNIH BELJAKOVINSKIH VIROV V SLOVENIJI

Luka Irenej Pečan

BIOTEHNIŠKA FAKULTETA, UNIVERZA V LJUBLJANI

Študija je nastala v projektu Valorizacija stranskih proizvodov v rastlinski pridelavi z uvajanjem sodobnih konceptov in tehnologij krožnega biogospodarstva na kmetijah (EIP ŽUŽ), ki 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.

POVZETEK ANALIZE IZVEDLJIVOSTI	6
UVOD	8
Splošni kontekst	8
Žuželke kot trajnostni vir beljakovin za krmo	8
Uporabnost žuželk v človeški prehrani.....	9
Razlog za raziskovanje uporabe žuželk.....	10
POTROŠNIKOVO VEDENJE	11
Žuželke v človeški prehrani	11
Žuželke v prehrani živali.....	13
ŽUŽELKE IN ZNANSTVENO-RAZISKOVALNO DELO	14
Sistematičen pregled vrst.....	14
Prehranska sestava žuželk.....	16
Pomen v prehranski verigi in hranilna vrednost	18
Uporaba žuželk v farmaciji	19
STATISTIČNA ANALIZA POTROŠNIŠKEGA VEDENJA.....	22
Cilj statistične analize	22
Metoda	22
Program za izvedbo analiz.....	24
Rezultati.....	24
Korelacijske analize posameznih odgovorov.....	30
INSEKTNA BIOKONVERZIJE IN GOJENJE INSEKTOV.....	35
Tehnične in tehnološke smernice	35
Tržni potencial insektnih proteinov	36
Povpraševanje po insektnih proteinih	36
Ponudba in cene.....	37
Cene in pričakovana dinamika.....	37
Priložnosti in izzivi v regulativnem okolju	38
Konkurenca	38
SWOT analiza za insektno biokonverzijo v Sloveniji.....	39
PREGLED TEHNOLOGIJ GOJENJA INSEKTOV	41
Industrijski nivo.....	41
Nivo posamezne kmetije.....	43
IZVEDLJIVOST ZA KMETIJSKI IN INDUSTRIJSKI NIVO	45
Industrijski nivo.....	45

Izvedljivost	45
Prednosti.....	45
Slabosti	45
Nivo posamezne kmetije.....	45
Izvedljivost	45
Prednosti.....	45
Slabosti	46
Splošna primerjava	46
MOŽNOSTI ZA VALORIZACIJO STRANSKIH PROIZVODOV.....	47
Proteinska moka.....	47
Maščobe in lipidi	47
Hitin in hitozan	47
Preostala organska snov ali frass	47
TEHNOLOŠKI IZZIVI IN MOŽNE REŠITVE.....	48
Nadzor pogojev za optimalno rast insektov	48
Zmanjšanje stroškov substratov in optimizacija krme	48
Težave z ločevanjem insektov in substrata	48
Standardizacija proizvodnih procesov	48
Obvladovanje odpadkov in emisij	49
OCENA IZVEDLJIVOSTI PRENOSA PREDLAGANIH REŠITEV V PRAKSO.....	50
Ekonomska izvedljivost.....	50
Pregled globalnega trga beljakovin žuželk	52
Povpraševanje – gonila in omejitve	53
Pregled evropskega trga proizvodnje žuželk za živalsko krmo in hrano za hišne ljubljence	54
Gospodarski pregled in napovedi razvoja sektorja	54
Segmentacija trga in pričakovana rast	54
Pričakovani regulatorni razvoj in njegov vpliv na proizvodnjo.....	54
Geografska segmentacija in razvoj trga	55
Zaposlitvene priložnosti in ekonomski vpliv	55
Gojenje črne bojvniške muhe kot model predelave stranskih snovnih tokov.....	56
Finančna analiza črne bojvniške muhe	57
Izzivi in prihodnji razvoj	57
Zaključki:.....	58
Pravna in regulatorna izvedljivost	60
Priložnosti za uporabo žuželk v prehrani in krmi	60
Glavni zakonodajni pogoji in omejitve.....	60
Omejitve in izzivi.....	60
Prognoze za prihodnost	61
Organizacijska izvedljivost	61
Ključni oddelki v organizacijski strukturi.....	61
Metode nenehnega izboljševanja procesov	62
Prilagodljivost in tehnološke nadgradnje.....	63
Ključni profili kadrov in njihove naloge.....	63
Program usposabljanja in nenehno izobraževanje	65
Vloga kmetij in pilotnih projektov	66
Ključna vloga kmetij kot dobavitelj substratov.....	66

Vloga kmetij kot vzrejnih lokacij	66
Pilotni projekti: testiranje, prilagoditev in zbiranje podatkov	67
Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami in strokovnjaki	68
Ključna področja sodelovanja z raziskovalnimi institucijami	68
Oblike sodelovanja z raziskovalnimi institucijami	69
Prednosti sodelovanja z raziskovalnimi institucijami in strokovnjaki	70
Ocena organizacijske izvedljivosti	71
PILOTNI PROJEKT	74
Cilji in obseg pilotnega obrata	74
Pripravljalna faza (1–2 meseca)	75
Vzpostavitev pilotnega obrata (2–4 mesece)	76
Testiranje in prilagajanje (3–6 mesecev)	76
Evalvacija in zaključek pilotnega projekta (1 mesec)	77
Kriteriji izbora kmetijskih gospodarstev	77
Dostopnost in vrsta organskih odpadkov	78
Geografska bližina obrata	78
Pripravljenost na sodelovanje v trajnostnem projektu	79
Prilagodljivost in dostopnost za eksperimentalne prilagoditve	79
Spremljanje procesa	80
Stopnja rasti in biomasa insektov	80
Kakovost in stabilnost produkta	80
Ekonomski kazalniki	80
Kazalniki trajnosti	81
Tržni odziv in zanimanje kupcev	81
PROBLEMI IN POSEBNOSTI PRI PRENOSU PREDLAGANIH REŠITEV V PRAKSO	83
Tveganje regulatornih omejitev in skladnosti	83
Biološka tveganja in tveganja za kakovost	83
Tržno tveganje in sprejemljivost produktov	84
Operativna tveganja pri vzreji	84
Okoljska tveganja in vplivi	84
Analiza posameznih tveganj	85
Regulatorno tveganje	85
Biološko tveganje	85
Tržno tveganje	85
Operativno tveganje	86
Okoljsko tveganje	86
Povzetek tveganj:	86
Strategije za obvladovanje tveganj	87
Regulatorno tveganje	87
Biološko tveganje	87
Tržno tveganje	88
Operativno tveganje	88
Okoljsko tveganje	89
KORISTI PREDLAGANIH REŠITEV ZA KMETIJSKO GOSPODARSTVO	91
VPLIV PREDLAGANIH REŠITEV NA OKOLJE	93
Pregled okoljskih predpisov v EU za rabo žuželk	93

Trajnostni vidiki rabe žuželk kot beljakovinskega vira	93
Izzivi in prihodnje možnosti za izboljšanje trajnosti	94
Okoljski vplivi insektne biokonverzije	94
Emisije toplogrednih plinov (GHG)	95
Poraba vode in energije	95
Izbira substratov	95
Učinkovitost kroženja hranil	96
Ravnanje z ostanki	96
Primerjava z alternativnimi viri beljakovin	96
Industrijski obseg in optimizacija procesov	97
Okoljske koristi glede na kompostiranje	98
Kritična ocena ključnih vplivov in omejitev	98
Zaključek in priporočila	99
STRATEGIJA TRŽENJA	101
Opredelitev ciljne skupine	101
Diferenciacija produkta	101
Ustvarjanje prepoznavnosti blagovne znamke	101
Cenovna strategija	102
Izvedljivost, prednosti in slabosti strategije	102
Identifikacija tržnih kanalov	102
Neposredna prodaja	102
Distributerji in trgovske mreže	103
Partnerstva z industrijskimi proizvajalci	103
Izvozni trgi	103
Ključni koraki pri ozaveščanju	104
Kampanje na družbenih omrežjih	104
Sodelovanje s prehranskimi influencerji in strokovnjaki	104
Organizacija dogodkov	105
Izobraževalni programi v šolah in podjetjih	105
ZAKLJUČNI SKLEPI TER PRIPOROČILA	107
VIRI IN DODATNA UPORABNA LITERATURA	109
PRILOGE	118

POVZETEK ANALIZE IZVEDLJIVOSTI

Povzetek ugotovitev študije izvedljivosti

Študija izvedljivosti je predstavlja oceno tehnične, ekonomske, pravne, okoljske in organizacijske vidike insektne biokonverzije s črno bojevniško muho (*Hermetia illucens*) ter njeno implementacijo na kmetijah v Sloveniji. Rezultati kažejo, da je ta tehnologija izredno perspektivna za valorizacijo stranskih proizvodov kmetijske in prehranske industrije ter kot alternativa tradicionalnim virom beljakovin v prehrani živali.

Tehnološka izvedljivost

Analiza je pokazala, da že obstajajo zanesljive in optimizirane metode za vzrejo črne bojevniške muhe, ki se lahko prilagodijo lokalnim kmetijskim razmeram. Tehnologije lahko vključujejo avtomatizirane rešitve za gojenje ličink, nadzorovano hranjenje z organskimi stranskimi proizvodi in učinkovite metode predelave v beljakovinsko moko in lipidne komponente.

Ugotovljeno je bilo, da proces biokonverzije omogoča hitro rast ličink z visokimi stopnjami pretvorbe biomase, kar pomeni visoko učinkovitost predelave organskih odpadkov. Obstajajo različni pristopi k gojenju, vključno z zaprtimi sistemi z nadzorovanimi parametri ter polindustrijskimi odprtimi sistemi, ki bi lahko bili bolj primerni za manjše kmetije.

Produkti biokonverzije, kot so beljakovinska moka, lipidi in frass (prebavljena biomasa), imajo širok spekter možnih aplikacij, vključno s krmo za perutnino, prašiče, ribe in kot gnojilo za rastline. Identificirani so bili ključni tehnološki izzivi, kot so zagotavljanje optimalnih pogojev za rast ličink, avtomatizacija procesov in skalabilnost proizvodnje na različnih vrstah kmetijskih gospodarstev.

Ekonomska izvedljivost

Finančna analiza je pokazala, da bi bil projekt ob ustreznih investicijskih spodbudah in poslovnih modelih ekonomsko upravičen. Stroški postavitve osnovne infrastrukture so odvisni od obsega proizvodnje, pri čemer večje obrate odlikuje ekonomija obsega. Manjši kmetijski obrati lahko tehnologijo integrirajo postopoma, kar zmanjšuje tveganja.

Glavni operativni stroški vključujejo hrano za ličinke (tj. organski odpadki, ki so v določenih primerih brezplačni), energijo, infrastrukturo in delovno silo. Tržne analize kažejo, da je povpraševanje po insektni beljakovini v porastu, zlasti v segmentih krme za akvakulturo in hišne ljubljence. Cena insektne moke na trgu je konkurenčna glede na druge alternativne vire beljakovin, kar omogoča hitro amortizacijo investicije.

Obstajajo različne možnosti financiranja, vključno z nacionalnimi in evropskimi razvojnimi programi, ki podpirajo krožno gospodarstvo in trajnostne kmetijske prakse.

Pravna in regulatorna izvedljivost

Regulatorna analiza kaže, da obstajajo specifične zahteve za gojenje insektov, varnost hrane in uporabo insektne biomase v prehrani živali. V EU regulativi so insekti kot vir beljakovin za krmo dovoljeni v akvakulturi, medtem ko je uporaba v prehrani prašičev in perutnine pod določenimi pogoji dovoljena vendar še vedno predmet regulatornih sprememb.

Potrebno je upoštevanje standardov glede varnosti vhodnih surovin, higiene in sledljivosti proizvodnje, kar pomeni, da bodo morali proizvajalci vzpostaviti ustrezne sisteme nadzora kakovosti. Okoljski predpisi določajo pogoje za ravnanje z organskimi odpadki in uporabo frassa kot gnojila, kar bi lahko vplivalo na zasnovu in obratovalne postopke proizvodnje.

Okoljski vidiki

Insektna biokonverzija prinaša znatne okoljske koristi v primerjavi s tradicionalnimi oblikami beljakovinske proizvodnje. Proces zmanjšuje emisije toplogrednih plinov v primerjavi s konvencionalno živinorejo ter optimizira rabo virov, saj lahko insekti predelujejo stranske proizvode in organske odpadke, ki bi sicer predstavljali okoljsko breme.

Poleg tega biokonverzija pripomore h krožnemu gospodarstvu, saj vključuje tako visokokakovostne beljakovine kot koristne stranske proizvode (lipidi in frass), ki se lahko uporabijo v prehrani živali ali kot gnojilo za rastline.

Organizacijska in tržna analiza

Za uspešno implementacijo insektne biokonverzije v Sloveniji je ključno oblikovanje poslovnega modela, ki bi omogočal sodelovanje med kmetijami, industrijo in raziskovalnimi institucijami. Kmetovalci in podjetja, ki bi se ukvarjala s to dejavnostjo, bi morali pridobiti ustrezna znanja s področja gojenja insektov, tehnologije biokonverzije in trženja produktov.

Potrošniške raziskave kažejo, da obstaja vedno večje zanimanje za trajnostne vire beljakovin v prehrani živali in za uporabo insektov kot surovine za specializirane prehranske produkte. Ključno bo ozaveščanje potrošnikov in industrije o prednostih insektnih proizvodov ter zagotavljanje standardizacije in kakovosti izdelkov, kar bi pripomoglo k hitrejši integraciji teh produktov na trg.

UVOD

Splošni kontekst

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, pa naj bi do leta 2050 dosegli 9,7 milijard. Zaradi tako 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 pa bi pomenilo še večji pritisk na že tako preobremenjeno okolje. Že danes se soočamo z naraščajočim trendom lakote v svetu, po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) naj bi število ljudi, ki trpijo za lakoto, od leta 2019 naraslo za kar 122 milijonov. V prihodnosti se bomo vse pogostejše soočali tudi s pomankanjem kmetijskih zemljišč in neobnovljivih virov, predvsem naftnih derivatov in umetnih gnojil, vse bolj pa 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, ampak bi tudi omilili vpliv na okolje (FAO, 2013).

S klasičnim načinom 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 pa imajo velik okoljski odtis in pripomorejo k podnebnim spremembam. Te še bolj otežujejo kmetovanje in se odvijajo hitreje, kot jim lahko sledimo. Da bi zadostili povpraševanju po hrani, bi se morala proizvodnja v naslednjih letih skorajda podvojiti, kar pa je, glede na trenutne razmere, skorajda neizvedljivo. Poleg pomanjkanja hrane velik izziv predstavlja tudi vse večje število odpadnih organskih surovin, zato bomo v prihodnosti primorani poiskati načine za uporabo ali uničenje le-teh.

Žuželke kot trajnostni vir beljakovin za krmo

Po ocenah Organizacije za prehrano in kmetijstvo Združenih narodov– FAO (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 odstotkov. Trenutno so sestavine za krmo predvsem ribja moka, soja in žito. Veliko oviro pri nadaljnjem razvoju predstavljajo visoki stroški krme zaradi podražitve surovin in vse višjih cen energije. 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, saj trenutno še niso konkurenčne ostalim 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 in z nizkimi stroški proizvesti na stranskih organskih proizvodih. Dve glavni vrsti muh, ki se uporabljata kot alternativni sestavini živalske krme, sta črna bojevniška 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 tržna vrednost moke žuželk dvokrilcev vsaj dvakrat večja od sojine, vendar manjša od ribje moke. Pinotti in sod. (2019) so poročali, da bi lahko bile cene za krmo na osnovi mokaarja 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).

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 tega pa v primerjavi z mesno industrijo v naravi puščajo veliko manjši ekološki odtis. Med žuželkami se je za najbolj obetavnega za komercialno gojenje izkazal mokaar (Jeran et al., 2023).

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

Pozitivna lastnost žuželk je tudi ta, da za njihovo gojenje ne potrebujemo posebnih gojišč, zadostujejo jim organski odpadki, ki pa 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, na primer pšenični otrobi, pивske 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, 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 užitne 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 črna bojvniška 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 pa vsebujejo tudi mikrohranila, kot sta baker in cink, nujno potrebna za rast rastline (Jeran et al. 2023).

Za obdelavo organskih odpadkov in živalskega gnoja, pa se uporablja tudi črna bojvniška muha. Hrani se z razpadajočo 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).

Razlog za raziskovanje uporabe žuželk

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

- 1.) Žuželke so dobra alternativa ostalim beljakovinskim živalskim produktom, kot so na primer piščanec, ribe in govedina. Rumpold in Schlüter sta leta 2013 objavila članek, v katerem sta prikazala hranilno sestavo užitnih žuželk in ugotovila, da so le-te bogate tudi z maščobnimi kislinami ter prehranskimi vlakninami in so dober vir mikrohranil kot so železo, magnezij, fosfor in druge. Med vitamini v žuželkah, pa lahko zasledimo riboflavin, pantotensko kislino, biotin in druge (Rumpold e Schlüter 2013). Prehranska sestava žuželk je sicer raznolika, nanjo vplivajo različni dejavniki, kot so sestava gojišča, razvojna stopnja in okoljski dejavniki. 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 nastanejo pri klasični živinoreji. Ker so žuželke hladnokrvni organizmi, zelo učinkovito pretvarjajo krmo v beljakovine, potrebujejo 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 (mokarji) so celo bolj odporne na sušo kot govedo. Žuželke je možno gojiti skozi celo leto in kmetje jih lahko, zaradi njihove visoke stopnje plodnosti, nabirajo večkrat letno. Poleg tega 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, vendar je primerljiva s porabo energije potrebno za pridelavo kilograma svinjine in je 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 e de Boer 2012; Verlič 2021). Mogoče bi bilo (v kombiniranih sistemih) uporabiti presežek presnovne toplote, ki ga proizvedejo ličinke, za vzrejo manjših ličink žuželk, lahko pa bi se 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 na podeželju in 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 e de Boer 2012; Salomone et al. 2017).

Med žuželkami so, predvsem zaradi svoje produktivnosti in učinkovitosti razmnoževanja, za veliko proizvodnjo najbolj primerne ličinke črne bojvniške muhe (*H. Illucens*), ličinke mokarja (*T. Molitor*) in ličinke navadne domače muhe (*M. Domestica*). (Oonincx e de Boer 2012; Salomone et al. 2017).

POTROŠNIKOVO VEDENJE

Žuželke v človeški prehrani

Čeprav smo ljudje, biološko gledano, vsejedi, pa se v praksi izkaže, da temu ni tako. Potrošniki izbirajo hrano na podlagi velikega števila različnih kriterijev. V veliki večini se izkaže, da sta najpomembnejša dejavnika vonj in okus. Privlačen vonj in okus nista znani kvaliteti žuželk in predvsem zaradi njiju, se v družbi ustvarjajo predsodki o uživanju žuželk. Študije čeških in ameriških znanstvenikov so pokazale, da je 80 % vprašanih ljudi bilo 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, pa je še ogromno različnih dejavnikov, ki vplivajo na mnenje potrošnikov o uživanju žuželk. Socialnodemografski dejavniki, recimo 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 narejene iz insektov. Kar se tiče procesirane hrane, ni statističnih razlik v pripravljenosti uživanja (Kröger et al. 2022).

Študije so v večini pokazale, da med starostjo in naklonjenostjo do uživanja hrane iz žuželk ni nobene povezave. V 36% primerov je razvidno, da se s starostjo želja po eksperimentiranju manjša in da so mladi bolj željni novega. Le v 5,6% študijah se je izkazalo, da so bili starejši bolj pripravljeni užiti hrano iz žuželk kot mladi.

Faktor izobraženosti je bil prav tako precej raziskan, v 19 izvedenih študijah se je izkazalo, da je v 42% primerov poskušanje hrane privlačilo ljudi z višjo stopnjo izobrazbe. Študije so pokazale tudi, da verska izpoved in finančno stanje posameznikov nimata nobenega vpliva na odnos le-teh do hrane narejene iz žuželk.

Poleg vsega je potrebno upoštevati še dejavnike človeške osebnosti in pa čustev, ki so ključnega pomena. Tu je potrebno izpostaviti predvsem občutek gnusa. V zahodnih kulturah ideja o uživanju žuželk pogosto vzbuja gnus, ta pa v večini primerov sploh ni toliko usmerjen proti žuželkam samim, ampak ima bolj neofobijske korenine. Neofobija je splošno znana kot pretiran strah pred nečim novim oziroma nepoznanim.

Iz vsega tega je precej razvidno, da bi bil, za promocijo žuželčjih izdelkov, potreben strateški pristop, saj žuželke v naši družbi niso najbolje 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 te povečajo strahove in prehransko neofobijo in s tem znižajo prodajo izdelka in zanimanje zanj. V dveh izvedenih študijah pa se je izkazalo, da informacije o žuželkah v obliki loga prinesejo pozitiven odziv, zanimanje za tovrstne izdelke se je povečalo in potrošniki so jih bili pripravljeni kupiti.

Hkrati pa 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, oziroma nanjo nima nobenega vpliva. Zanimivo je, da 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 evrov, 1 tona beljakovinske moke iz žuželk pa stane nekje med 3500 – 5000 evrov. Tako visoka cena mok bi zagotovo poskrbela, da bi tudi končna cena mesa pridelanega iz živali, ki so bile hranjene s temi 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 oziroma 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 pripravljeni odšteti kakšen evro več za izdelek, ki je bil pridelan iz živali,

ki so jih hranili z okolju manj škodljivimi alternativnimi viri proteinov (Kröger et al. 2022; Weinrich e Busch 2021).

Študija, izvedena na to temo je pokazala, da je 30 – 45% ljudi bolj pripravljenih kupiti izdelke, čeprav na njih piše, da so bile živali hranjene z žuželkami ali pa mikro algami. Približno tako velik odstotek ljudi pa je odgovoril, da jim je vseeno kako so bile hranjene živali, iz katerih je njihovo kupljeno meso. Manj kot 10 odstotkov je takšnih ljudi, ki kažejo odpor proti mesu iz živali, ki so jih hranili z alternativnimi viri proteinov. Vse to nam pokaže, da je dejansko edina oziroma največja ovira pri prodaji mesa pridelanega iz alternativnih virov proteinov, cena, ne pa same žuželke (Weinrich e Busch 2021).

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 krmi. Začetne študije o sprejemanju živali, hranjenih z žuželkami, so pokazale pozitiven odnos potrošnikov (Verbeke, Sans, e Van Loo 2015).

V obsežni raziskavi, ki je vključevala 1300 potrošnikov v 71 državah - v Združenem kraljestvu, državah EU in na vzhodu (vzhodna Azija, ruski vzhod in jugovzhodna Azija) je projekt proteinsect pokazal, da je 73 % potrošnikov pripravljenih 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 v svojo raziskavo vključil 303 portugalske in 363 norveških in potrošnikov, da bi preučil njihovo sprejemanje žuželk v krmi za živali. 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 žuželkami. Potrošnike so predhodno informirali o pozitivnem vplivu hranjenja s tovrstno krmo na okolje, ugotovili pa so, da bi za nakup take postrvi s strani potrošnikov morala biti cena nižja od cene postrvi hranjene z običajno krmo (Bazoche in Poret 2016). Novejša evropska raziskava je vključevala 180 potrošnikov in rejcev s Škotske in je bila osredotočena na odnos do vključevanja posameznih krmil, pridobljenih iz gojenih ličink žuželk, v komercialno krmo za lososa (Popoff, macleod, e Leschen 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, macleod, e Leschen 2017). Večina potrošnikov je bila pripravljena jesti ribe, hranjene z žuželkami, 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 le živilski odpadki, le majhen delež potrošnikov je menil, da so živalski gnoj, klavniški odpadki in odplake primerne za gojenje žuželk. Vsebinski substrati in izvor hranil za žuželke je vplival na njihovo pripravljenost za nakup rib, hranjenih z žuželkami (Popoff, macleod, e Leschen 2017).

Italijanska raziskava je ocenila pripravljenost 341 potrošnikov, po sprejemanju žuželk kot del prehrane za živali. Ugotovili so, da je bilo približno 53% potrošnikov pripravljenih uživati ribe in druge živali, vzrejene s krmo na osnovi žuželk. Ta 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. Moški so bili veliko bolj pripravljeni uživati izdelke iz živali, ki so bile hranjene z žuželkami, kot ženske. Mlajši potrošniki, pa tudi ljudje z višjo stopnjo izobrazbe so bili prav tako bistveno bolj pripravljeni sprejeti žuželke v krmi za živali (Popoff, macleod, e Leschen 2017).

ŽUŽELKE IN ZNANSTVENO-RAZISKOVALNO DELO

**povzeto po raziskovalni nalogi opravljeni z dijaki BIC Ljubljana pod mentorstvom BF in IJS*

Sistematičen pregled vrst

Uživanje žuželk ni v svetu nič novega, saj je prisotno v številnih kulturah iz Afrike, Azije, Južne in Srednje Amerike, Avstralije in Nove Zelandije. Najpogostejše globalno zaužite žuželke so hrošči (31%), gosenice (17%), mravlje, čebele in ose (15%), kobilice in črčki (14%), polkrilci (11%), termiti (3%) muhe (2%) in ostale vrste (3%). Za veliko proizvodnjo imajo, zaradi učinkovitega razmnoževanja in produktivnosti, največji potencial ličinke navadne domače muhe (*Musca domestica*), ličinke mokarjev (*Tenebrio molitor*) in ličinke črne bojvniške muhe (*Hermetia illucens*) (FAO 2013).

Črna bojvniška 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 izhaja originalno 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 prvič videna na Malti leta 1926. Sedaj je prisotna v skoraj vseh evropskih državah, vključno s Slovenijo (Duzell, s.d.; Verlič 2021).

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

<i>Kraljestvo:</i>	<i>Živali</i>
<i>Deblo:</i>	Členonožci
<i>Razred:</i>	Insekti
<i>Red:</i>	Dvokrilci

Družina:

Rod:

Vrsta:

Stratomyidae

Hermetia

Illucens

Črna bojevniška muha je velika muha z videzom podobnim osi. Pojavlja se v različnih barvah, od rumene, zelene do modro črne. Glava je majhna in ožja od telesa, oči pa so sestavljene, dokaj velike in široko razmaknjene. Med sestavljenimi očmi 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 bojevniškimi muhami obstaja spolna dimorfija, pri čemer so samice v povprečju večje od samcev (Duzell, s.d.).

Celoten življenjski cikel črne bojevniške muhe traja 40 do 45 dni in je 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 začnejo pariti. Parijo se ob robu gozda kjer samčki na rastlini prežijo na samice, ko jih opazijo, se parita v zraku. Svetloba je pomemben dejavnik uspeha parjenja, 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, s.d.; Verlič 2021).

Po štirih dneh se iz jajčec izležejo ličinke, prav tako bele do rumene barve z rdeče-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 pri približno 17-18 mm dolžine in 6 mm širine, 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, skelet se otrdi in dobi ocelij, zelo preprosti očesni organ. (Duzell, s.d.; Verlič 2021)

Za tem sledi pupacija, ki poteka znotraj eksoskeleta ličinke, traja približno 8 dni in poteka v štirih fazah:

1. Levitev,
2. Kriptocefalična pupa,
3. Faneocefačna pupa,
4. Faratni odrasli.

Prvo stopnjo ličinka začne, ko najde substrat v hladnem, mirnem okolju. Tam začne z postopkom levitve ki traja do 6 ur. V tej fazi eksoskelet otrdi in postane neprozoren. Ob tem se barva oči

spremeni iz rdeče v belo ali prozorno. Ko se levitev konča in se preneha konstantno prehranjevati se prične druga faza, kriptocefalična pupa, ta 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 oblikujejo puparij, in kasneje se razvije pupa (Duzell, s.d.; Verlič 2021). Tretja faza, faneocefačna pupa, je čas, ko pride do razvijanja glave, prsnega koša in trebuha faratne odrasle muhe (muhe ki še ni zapustila pupe) do točke kjer se jih da razločiti, kar traja približno 12 do 16 ur (Duzell, s.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 spremeni barva oči 4-krat, na začetku so rumene barve, zatem se spremenijo v roza barvo, sledi rdeča barva in na koncu dobijo značilno rjavo barvo. V tej fazi se črna bojvniška muha dokončno razvije in kmalu zatem zapusti pupo (Duzell, s.d.; Verlič 2021).

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

Prehranska sestava žuželk

Znano je, da so insekti bogati z beljakovinami. Raziskovalci so ocenili vsebnost beljakovin pri 100 vrstah številnih redov insektov. Raziskave kažejo, da se vsebnost beljakovin giblje med 13 in 77 odstotki suhe mase ter da obstaja velika variacija med in znotraj redov insektov, zato so insekti za ljudi uporaben in tudi zelo primeren vir beljakovin (Huis 2013; Zhou et al. 2022). Glede na vrsto so Orthoptera, bolj znane kot kobilice ali črčki, praviloma proteinsko bogatejše.

Bukkens je leta 1997 pokazal, da ima gosenica vrste mopane (*Gonimbrasia belina*) nižjo vsebnost beljakovin, ko je pražena (48%), kot ko je posušena (57%). Enako velja za termite, saj je bila vsebnost beljakovin 20% pri surovih termitih, ko so jih cvrli je odstotek beljakovin poskočil na 32 %, ko so uporabili metodo sušenja, pa se je delež dvignil na 37%. Razlika je nastala zaradi količine vode, ki je ostala v njih. Vsebnost beljakovin je pri insektih visoka, zato lahko uživanje insektov pripomore k izboljšanju prehranske kakovosti, kadar vključuje beljakovine iz živalskih virov (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. Skakavci v Nigeriji, ki se hranijo z otrobi, ki vsebujejo visoke ravni 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 razvitosti, saj imajo odrasli običajno višjo vsebnost beljakovin kot ličinke (Huis 2013).

V Mehiki so pri 78 ocenjenih vrstah merili vsebnost beljakovin in ugotovili, da se je gibala med 15 in 81% suhe mase, od katere smo zmožni prebaviti med 76 in 98%. Podobne študije so bile izvedene na posameznih vrstah, kot so gosenica mopane (Headings in Rahnema, 2002) in poljski škrlat (*Gryllus testaceus*) (Wang et al., 2004). Bukkens je leta 2005 analiziral vsebnost beljakovin pri

17 vrstah gosenic družine *Saturniidae*, katere članica je tudi gosenica mopane in ugotovil, da imajo vsebnost beljakovin med 52 in 80% suhe mase.

Beljakovine sestavlja 20 različnih aminokislin, vendar devetih (fenilalanin, valin, triptofan, treonin, izolevcin, metionin, histidin, lizin in leucin) naše telo ne more sintetizirati in jih je treba zaužiti s pomočjo drugih virov, da se zadovoljijo prehranske potrebe. Zanimivo je, da so v beljakovinah insektov prisotne vse aminokisline potrebne za človeka. Beljakovine žit, ki so ključne sestavine prehrane po vsem svetu, pogosto vsebujejo zelo majhne količine lizina in v nekaterih primerih, kot je na primer koruza, aminokislin triptofan in treonin sploh ni. Pri nekaterih vrstah insektov so te aminokisline zelo dobro zastopane. Na primer, več gosenic družine *Saturniidae*, ličinke palmovih hroščev in vodni insekti imajo vsebnost aminokisline lizin višje od 100 mg aminokisline na 100 g surove beljakovine. Vendar je za priporočila glede uporabe užitnih insektov kot obogatitve prehrane pomembno pogledati tradicionalne diete v celoti, zlasti glavne jedi, in primerjati njihovo prehransko kakovost z užitnimi insekti, ki so lokalno na voljo v regiji. Na primer v Demokratični republiki Kongo dodajajo gosenice bogate z lizinom, k glavnim jedem siromašnim s to aminokislino. Prav tako ljudje na Papui Novi Gvineji uživajo gomolje, ki so revni v lizinu in leucinu, vendar ta prehranski primanjkljaj nadomestijo z uživanjem ličink palmovih hroščev. Po drugi strani jim pa gomolji zagotavljajo triptofan in aromatične aminokisline, ki jih v palmovih hroščih primanjkuje. V afriških državah, kot so Angola, Kenija, Nigerija in Zimbabve, kjer je koruza osnovna hrana, je pogosto prisotno pomanjkanje triptofana in lizina. Dopolnjevanje njihove diete z termiti, kot je vrsta *Macrotermes bellicosus* (Angola), ne bi smelo biti precej težko, saj so že sami sprejeti kot dele tradicionalnih jedi. Vendar pa niso vsi termiti primerni: na primer termiti vrste *Macrotermes subhyalinus* niso bogati z aminokislinami, ki so potrebne za prebivalstvo (Huis 2013; Lopez e Mohiuddin 2024; Zhou et al. 2022).

Vitamini in minerali imajo pomembno vlogo v bioloških procesih ljudi in živali, njihovo pomanjkanje pa lahko povzroči negativne zdravstvene učinke, kot so zaostajanje v rasti in razvoju, anemija, vnetne procese v prebavilih in druge bolezni povezane s pomanjkanjem mikrohranil. Po statističnih podatkih pomanjkanje mikrohranil vsako leto povzroči približno milijon prezgodnjih smrti, kar kaže na potrebo po izboljšanju prehrane in na to, da se ljudje ne bi smeli ukvarjati zgolj s pridelavo hrane, temveč bi morali tudi razmišljati o ustrezni prehranski kakovosti hrane. Vitamini in minerali so pogosto najdeni v insektih, čeprav insekti običajno ne morejo sintetizirati vitaminov, vendar jih večinoma pridobijo s prehranjevanjem. Raziskave so že pokazale, da se pomanjkanje mikrohranil pri ljudeh lahko dopolnjuje z uživanjem rib. Zaradi vsebnosti širokega spektra vitaminov in mineralov, so insekti zelo dostopen viri vitaminov in mineralov, ki jih človeško telo potrebuje. Zato lahko razmišljamo o uživanju insektov v prehrani z namenom dopolnjevanja mikrohranil (Huis 2013; Zhou et al. 2022).

Do danes so v insektih odkrili vitamin A, vitamin D2, vitamin D3, vitamin C, vitamin E, vitamin K, 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 mg in 4 mg na 100 g suhe snovi. Riboflavin, znan tudi pod imenom vitamin B2, se giblje med 0,11 in 8,9 mg na 100 g. Za primerjavo, polnozrnat kruh vsebuje le med 0,16 in 0,19 mg vitaminov B1 in B2 na 100 g. Vitamin B12 se pojavlja le v hrani živalskega izvora in je dobro zastopan v ličinkah črva temnice (*Tenebrio molitor*) pri 0,47 µg na 100 g in hišnih škržatih (*Acheta domesticus*) s 5,4 µg na 100 g pri odraslih in 8,7 µg na 100 g pri nimfah. Kljub temu ima veliko

vrst zelo nizke ravni vitamina B12, zato je potrebno več raziskav za identifikacijo užitnih insektov, bogatih s tem vitaminom. Nekatere študije so pokazale relativno visoke ravni vitamina B12 pri potapljaških hroščih in kobilicah, približno 89,5 in 65,8 µg na 100 g suhe teže. Na srečo jih lahko človeško telo pridobi z uživanjem živil drugih živali. Kljub temu niso vsi insekti bogati z vsemi vrstami vitaminov. Vsebnost vitaminov v insektih je tesno povezana z vrsto, okoljem rasti, virom hrane in razvojno stopnjo. Na primer, v kobilicah in hroščih je več folne kisline kot v drugih insektih. Užitni insekti lahko vsebujejo veliko vitaminov, vendar je treba za zagotovitev potrebnih vitaminov posebej izbrati nekatere vrste. Priporočljivo je tudi nadzorovati, preko krme, vsebnost vitaminov v užitnih insektih (Zhou et al. 2022).

Priporočeni dnevni vnos mineralov je zelo pomemben. Ugotovili so, da je gosenica mopane, kot mnogi užitni insekti, odličen vir železa. Večina užitnih insektov vsebuje enako ali višjo vsebnost železa kot govedina. Gojena govedina vsebuje 6 mg železa na 100 g suhe teže, medtem ko vsebnost železa gosenice mopane znaša na primer 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, odvisno od njihove prehrane. Užitni insekti nedvomno predstavljajo bogat vir železa in njihovo vključevanje v dnevno prehrano bi lahko izboljšalo raven železa ter pomagalo preprečevati anemijo v razvijajočih se državah. Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) je opozorila na pomanjkanje železa kot najpogostejšo in najbolj razširjeno prehransko pomanjkljivost na svetu. V razvijajočih se državah naj bi bila ena od dveh nosečnic in približno 40 odstotkov predšolskih otrok anemičnih. Posledice pomankanja železa vključujejo slabe izide nosečnosti, oslavljen telesni in kognitivni razvoj, povečano tveganje za obolevnost pri otrocih ter zmanjšano delovno produktivnost pri odraslih. Anemijo je možno preprečiti, vendar trenutno prispeva k 20 % vseh smrti nosečnic in mater (Huis 2013; Zhou et al. 2022).

Poleg železa je zelo velika težava pomankanje cinka, še posebej v zvezi z otroškim in materinskim zdravjem. Pomanjkanje cinka lahko privede do zaostajanja v rasti, zakasnjene spolne in kostne zrelosti, kožnih lezij, driske, alopecije, oslavljenega apetita in povečane dovzetnosti za okužbe, posredovane prek napak v imunskem sistemu. Na splošno velja, da je večina insektov dober vir cinka. Gojena govedina vsebuje povprečno 12,5 mg cinka na 100 g suhe teže, medtem ko ličinke palmovih hroščev (*Rhynchophorus phoenicis*) na primer vsebujejo 26,5 mg cinka na 100 g (Huis 2013).

Pomen v prehranski verigi in hranilna vrednost

Prehrana je ključnega pomena za zdravje in razvoj. Boljša 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. Zdravi otroci se učijo bolje. Ljudje z zadostno prehrano so bolj produktivni in lahko ustvarijo priložnosti za postopno prekinitev krogov revščine in lakote (WHO 2024).

Pomanjkanje ključnih snovi v prehrani, predstavlja veliko grožnjo za človekovo zdravje. Današnji svet se sooča z dvojnim problemom prehrane, ki vključuje tako podhranjenost kot tudi prekomerno telesno težo. Obstaja 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 ponudilo okolju prijazno rešitev za prihajajočo prehransko krizo. Žuželke so temelj našega kopenskega ekosistema. Z razgradnjo odpadkov izdelujejo organske snovi, delujejo kot oprasovalci za razmnoževanje in razširjanje rastlin ter so tudi vir hrane za številne živalske vrste, od ptic do dvoživk (Hubert, 2021).

Gojenje žuželk je cenejše kot konvencionalno kmetijstvo glede na emisije CO₂, porabo vode, zavzeto površino in potrebne surovine. Poleg tega gojenje žuželk omogoča zmanjšanje onesnaževanja za skoraj 99% v primerjavi z drugimi oblikami živinoreje, pri čemer so emisije metana v primerjavi z govedino 80-krat manjše. Poleg tega je mogoče žuželke gojiti s stranskimi produkti kmetijske pridelave, na primer s proizvodi iz pridelkov, ki niso namenjeni za človeško uporabo, kar optimizira kmetijsko pridelavo z zmanjšanjem odpadkov. Užitni insekti so obetavna alternativa za proizvodnjo mesa, bodisi za neposredno človeško uživanje bodisi za posredno uporabo v krmi. Z žuželkami bi se lahko nadomestila pretirana uporaba ribje moke kot vira beljakovin, kar bi pripomoglo k omejevanju preveč intenzivnega ribolova in krepitvi morske biodiverzitete. Kljub temu je še vedno potrebno ogromno dela, ki ga morajo opraviti različni deležniki, da se v celoti uresniči potencial, ki ga insekti ponujajo za varnost hrane in krme tako v razvijajočih kot v razvitih državah (Halloran et al. 2014).

Za užitne na svetu velja več kot 1.900 vrst žuželk, pri čemer so hrošči najpogostejši, sledijo jim 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).

Užitni 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-žilne bolezni ter krepitev imunske funkcije (Nowakowski et al. 2022).

Nedavne študije izvedene na miših so pokazale veliko zmanjšanje holesterola pri poskusih s prehrano, ki vsebuje izdelke iz predelave žuželk kot je npr. Moka (*Tenebrio molitor*). Poleg tega visoka vsebnost beljakovin naredi ta izdelek zelo prebavljiv in se lahko uporablja v prehrani za starejše (Hubert 2021).

Uporaba žuželk v farmaciji

Entomoterapija (uporaba žuželk v medicinske namene) je bila v uporabi stoletja v mnogih državah po svetu, danes pa znanstveniki ponovno odkrivajo pozitivne učinke njihovih produktov.

Tradicionalno prakso zdravljenja so uporabljali predvsem v azijskih in afriških državah. Vanjo je bilo že od nekdaj vključenih veliko različnih vrst žuželk, ki so se pojavljale v vseh oblikah, na primer žive, kuhane, zmlete, v obliki obližev in mazil in podobno, uporabljale pa so se tako v obrambne kot zdravilne namene. Danes igra medicinska uporaba žuželk pomembno vlogo pri zdravljenju bolezni in oskrbovanju poškodb (Devi et al. 2023).

Žuželke poseljujejo vse dela sveta in so v stiku z vsemi organizmi na svetu, kar pomeni, da so razvile veliko različnih substanc, da se lahko zaščitijo pred plenilci. Le majhen odstotek teh substanc je raziskan in nekaj jih je vzbudilo pozornost (npr. Aloferon). Aloferon je substanca s protimikrobnim delovanjem, ki jo proizvajajo ličinke muh brenčoč (Calliphoridae) in se uporablja tudi kot protivirusno sredstvo v Rusiji in Koreji. Chernysh in sodelavci so 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 in po šestih dneh se je širjenje celic limfoma zelo upočasnilo in pri nekaterih celo ustavilo (Chernysh et al. 2002).

Med žuželčimi 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 težav, kot je na primer dermatitis (Bairagi 2019).

V medicinske namene, pa 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, pa tudi strupi ostalih pikajočih žuželk, kot so na primer ose in mravlje, vsebujejo velike količine neraziskanih sestavin, vendar še čakajo, da se jih začne uporabljati v medicinske namene (Ratcliffe, Azambuja, e Mello 2014).

Čebelji strup je mešanica vsaj dvajsetih različni sestavin, vsebuje različne peptide, encime in aktivne amine. Kljub velikemu naboru sestavin, pa se zadnje raziskave osredotočajo predvsem na melitin zaradi njegovih protirakavih lastnosti. Melitin ima velik potencial, saj se lahko razvije v terapevtsko zdravilo za zdravljenje različnih rakavih obolenj. Melitin je vodotopna molekula s kationskimi in amfipatičnimi lastnostmi, ki povečajo elektrostatično vezavo anionskih celičnih membran bakterij in rakavih celic. Melitin vsebuje 26 aminokislin in ima tetrametrično strukturo. Po vezavi povzroča melitin citolizo celičnih membran, vendar natančen postopek ubijanja celic ni poznan (Ratcliffe, Azambuja, e Mello 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 veliko obeta na medicinskem področju, pa je tudi črna bojvniška muha, natančneje njena ličinka. Ličinka na rani povzroči dezinfekcijo, smrt bakterij ter granulacijo in obnovo tkiva. Vodotopni izvleček ličink črne bojvniške muhe ima protibakterijsko delovanje proti gram-pozitivnim in gram-negativnim bakterijam ter protiglivično delovanje. Prečiščene protimikrobne snovi, pridobljene iz ličink, so povzročile znatno aktivnost proti meticilin odpornemu *Staphylococcus aureus* (MRSA) in na meticilin občutljivemu *S. Aureusu* (MSSA) (Park, Chang, e Yoe 2014).

Gram-negativne bakterije, na katere vplivajo protimikrobne snovi, proizvedene iz ličink črne bojvniške muhe, 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 bojvniške muhe, vključujejo: *Staphylococcus aureus*, *Kocuria rhizophila*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis* in *Staphylococcus epidermidis*. Proizvedene so bile protiglivične snovi, ki so zavirale tudi rast *Candida albicans* (Park, Chang, e Yoe 2014).

Žuželke predstavljajo odlične vire beljakovin. Med njimi so najbolj primerni za uporabo mokarji, saj so zelo dober vir aminokislin (vsebujejo vse esencialne aminokisline). Med njimi je največji delež glutamata in izolevcina, sledita jima fenilalanin in tirozin. Prav tako so mokarji dober vir maščob, maščobna sestava pa v večini zajema oleinsko (ta predstavlja okoli 43 odstotkov maščob), palmitinsko in linolno kislino. Oleinska kislina se najpogosteje nahaja v rastlinah, v farmaciji se uporablja predvsem zaradi njene 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, in omega-3 maščobne kisline, ki sodelujejo pri zniževanju krvnega tlaka in zmanjšujejo verjetnost zastoja srca pri bolnikih.

Žuželke so se izkazale za uporabne tudi pri ocenjevanju posmrtnega intervala pri truplih, ki nakazuje čas smrti in je uporaben za forenzične preiskave v kazenskih zadevah. Muhe v družinah, kot so *Calliphoridae* (pihalke) in *Sarcophagidae* (mesne muhe), so prisotne v zgodnjih fazah razkroja, medtem ko so črne bojvniške muhe (*Hermetia illucens*) prisotne v naprednih fazah razgradnje (Li, Wang, e Wang 2016).

Vse raziskave in poskusi kažejo na to, da so žuželke uporabni organizmi, ki predstavljajo odgovor na težave sodobnega sveta, vendar se še vedno premalo vlaga v raziskovanje in razvoj uporabe le-teh.

STATISTIČNA ANALIZA POTROŠNIŠKEGA VEDENJA

Cilj statistične analize

Cilj, ki smo si ga zastavili pred izvedbo statistične analize je bil ugotoviti, kako naklonjena je slovenska javnost novim jedem, z ozirom na žuželke v prehrani ali krmi kar jasno pogojuje možnost ali smiselnost postavljanja tovrstnih tehnologij na območju RS. Odločili smo se, da bomo analizirali odnos potrošnikov do uporabe žuželčjih 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.

Metoda

VPRAŠALNIK:

Vprašalnik namenjen zbiranju vprašanj in mnenj potrošnikov o njihovih prehranskih 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 itd. 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 prehranskih 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.

Vprašanja, ki smo jih preliminarно 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 JAMOVİ. JAMOVİ 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) idr. Uporabniki lahko ustvarjajo različne vrste grafikonov, na primer razpršeni diagrami, histogrami in stolpčni diagrami, ter prilagajajo barve, oznake in oblikovanje. JAMOVİ 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. JAMOVİ ima aktivno skupnost uporabnikov in razvijalcev, ki prispevajo k razvoju in nudijo podporo prek forumov, vadnic in dokumentacije.

Rezultati

Anketiranih je bilo 1805 posameznikov od tega jih je anketo ustrezno rešilo 950, neustrezno pa 855. Od 950 ustrezno rešenih anket jih je 768 končalo anketo, 182 krat pa je bila anketa le delno izpolnjena. Po nadaljnjem 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 leta, 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.

To opažanje 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 oziroma 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 izkazujejo 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.

Analiza prehranjevalnih navad glede na starostne skupine podaja naslednje ugotovitve:

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 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 dožemanja 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 deleži 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 oziroma 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 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 poizkušanja novih jedi.

Mediana za vse starostne skupine ostaja pri 2, kar kaže, 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 poizkušanju žuželk med posameznimi starostnimi skupinami.

Tabela 4 (Priloge) 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 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 skoncentriranost 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 so podobni med moškimi in ženskami pri vsaki trditvi, 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 vzorce 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 pa 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. Te 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

Neofobija

Tabela 5 (Priloge) 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 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 (Priloge) 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 V ($V = 0,0757$) kaže na zelo majhno povezanost med spremenljivkama. 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 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 (Priloge) 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: Tu je najvišje število odgovorov na stopnji 4 (132 odgovorov) in najmanjše število odgovorov na stopnji 1 (14 odgovorov).
- 45-65 let: Ta 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 to razpredelnico 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 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 (Priloge) 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). Najmanjši 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 V kaže na zmerno povezanost med spolom in odgovori na to vprašanje, vendar ta povezanost ni izrazita.

Uporaba žuželk v hrani hišnih ljubljencev

Tabela 10 (Priloge) 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.

Največji delež odgovorov moških je na stopnji 4 (108 odgovorov) in nato na stopnji 5 (93 odgovorov). Najmanjši 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 ljubljence morda niso statistično značilne.) Cramerjev V kaže na zmerno povezanost med spolom in odgovori na to vprašanje, vendar ta povezanost ni izrazita.

Tabela 11 (Priloge) prikazuje, kako se različne starostne skupine 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 starostnimi skupinami.

- Starostna skupina 15-25 let: Največji delež odgovorov v tej starostni skupini je na stopnji 4 (98 odgovorov) in nato na stopnji 5 (67 odgovorov). Najmanjši 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). Najmanjši delež odgovorov je na stopnji 1 (10 odgovorov).
- Starostna skupina 45-65 let: Največji delež odgovorov v tej starostni skupini je na stopnji 4 (74 odgovorov) in nato na stopnji 3 (57 odgovorov). Najmanjši 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 ljubljence ($p = 0,0037$). Cramerjev 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 ljubljence 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 ljubljence. 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 ljubljence, 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** (Priloge) kažejo distribucijo odgovorov glede jasne informacije o uporabi žuželk v krmi, razdeljene glede na spol anketirancev. Na stopnji -1 (popolnoma se ne strinjam) je manjši delež odgovorov, medtem ko je največji 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 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 pa te razlike niso zelo izrazite. Pri podatkih odnosa starostnih skupin do žuželk v krmi opazimo, da je največji delež odgovorov na stopnji 4 (se strinjam), medtem ko je manjši 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 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** (Priloge) prikazujejo distribucijo odgovorov glede varnosti živil, ki vsebujejo žuželke za prehrano ljudi, razdeljene glede na spol anketirancev. Opazimo, da je največji delež odgovorov na stopnji 5 (popolnoma se strinjam), medtem ko je najmanjši 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 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, kar pomeni, da ni bistvenih razlik v odnosu do tega vprašanja med moškimi in ženskami. Podatki v **Tabeli 14** (Priloge) 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 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.

INSEKTNA BIOKONVERZIJE IN GOJENJE INSEKTOV

Insektna biokonverzija, zlasti z uporabo črne bojevniške muhe (*Hermetia illucens*) in mokařja (*Tenebrio molitor*), je predmet vse večjega števila znanstvenih raziskav, ki se osredotočajo na biokonverzijo organskih odpadkov v hranilno bogate proizvode. Tukaj so ključni poudarki iz obstoječih raziskav in študij:

1. Biokonverzijski potencial in hranilna vrednost:

- **Hranilna sestava:** Raziskave kažejo, da lahko ličinke črne bojevniške muhe in mokařja pridobijo več kot **40% beljakovin** in **30% maščob** na suhi masi. Zaradi teh visokih vrednosti so priljubljene kot vir alternativnih beljakovin in maščob.
- **Širok spekter substratov:** Obe vrsti sta sposobni učinkovito pretvoriti različne vrste substratov, vključno z živalskimi in rastlinskimi odpadki, kot so ostanki sadja, zelenjave, pivovarski tropi in živilski odpadki.

2. Stopnja konverzije hrane (FCR):

- **Učinkovitost konverzije:** Povprečna FCR za črno bojevniško muho znaša **2,2**, kar pomeni, da so za proizvodnjo enega kilograma biomase potrebna približno 2,2 kilograma surovin. Ta učinkovitost je bistveno boljša v primerjavi s tradicionalnimi oblikami živinoreje, kot je piščančje meso (FCR približno **3,5**).

3. Razvoj biokomponent in aplikacije:

- **Ekstrakcija koristnih spojin:** Raziskovalci intenzivno preučujejo, kako povečati vsebnost hranil v insektih in izločiti koristne spojine, kot so hitin, proteini, maščobne kisline, hitozan in bioaktivne spojine, ki so uporabne v farmacevtski in kozmetični industriji.
- **Dodatna uporaba:** Hitin in hitozan, prisotna v eksoskeletih insektov, imata velik potencial v industriji biorazgradljivih materialov, medicinskih aplikacij in celo kot naravni konzervansi.

Tehnične in tehnološke smernice

1. Uporaba lokalnih odpadkov: Insektna biokonverzija omogoča izkoriščanje lokalnih odpadkov, kot so živilski in kmetijski odpadki. S tem lahko zmanjša količino odpadkov, poveča trajnost proizvodnje in zmanjša okoljski odtis. Prednost tega pristopa je, da lahko lokalni pridelovalci in podjetja sodelujejo pri dobavi substratov, kar ustvari krožno ekonomijo in poveča okoljsko učinkovitost.

2. Standardizacija tehnoloških rešitev: Da bi se proizvodnja insektnih beljakovin lahko usmerila v široko komercialno rabo, je ključna potreba po razvoju standardiziranih tehnoloških rešitev. To vključuje:

- **Avtomatizacijo** nadzora pogojev (temperatura, vlaga, pH) za večjo konsistentnost.
- **Optimizacijo substratov** za doseganje enotne kakovosti proizvodov.
- **Integracijo senzorskih tehnologij**, ki omogočajo natančno spremljanje procesov, kar zagotavlja stalno kakovost končnih produktov.

3. Raziskave za povečanje ekonomske izvedljivosti: Nadaljnje raziskave vključujejo eksperimentiranje z različnimi substrati, matematične modele za napovedovanje rasti in integracijo strojnega učenja za optimizacijo pogojev, kar povečuje ekonomsko upravičenost insektna biokonverzije.

Znanstvene raziskave in tehnična poročila tako nudijo trdno podlago za nadaljnji razvoj in širjenje insektna biokonverzije kot trajnostne rešitve za proizvodnjo beljakovin, hkrati pa ponujajo možnosti za zmanjšanje odpadkov in izboljšanje prehranske trajnosti.

Tržni potencial insektnih proteinov

Globalni trg insektnih proteinov je leta 2023 dosegel ocenjeno vrednost **560 milijonov USD**, pri čemer napovedi kažejo povprečno letno stopnjo rasti (CAGR) med **26% in 30%**. Projekcije kažejo, da bi lahko trg do leta 2030 dosegel več kot **2,5 milijarde USD**. Glavni faktorji rasti vključujejo:

- **Povečano povpraševanje po trajnostnih virih beljakovin:** Ob naraščajoči svetovni populaciji in omejitvah tradicionalne živinoreje glede okolja in proizvodnih virov narašča povpraševanje po alternativnih virih beljakovin.
- **Podnebni in okoljski pritiski:** V primerjavi z živinorejo imajo insekti precej nižji okoljski odtis, saj zahtevajo manj vode, krme in prostora. Insektna biokonverzija prav tako omogoča uporabo organskih odpadkov, kar pomaga zmanjšati količino odpadkov in zmanjšuje emisije toplogrednih plinov.

V Evropi, kjer so trgi bolj regulirani, so zahteve za proizvodnjo in prodajo insektnih beljakovin višje, kar hkrati ustvarja priložnosti in omejitve za podjetja. Evropska unija preko strategij, kot je **Evropski zeleni dogovor**, spodbuja trajnostno živinorejo, pri čemer insektna industrija nudi obetavno rešitev za doseg teh ciljev. EU je priznala insekte kot "novi vir hrane", kar pomeni, da so lahko pod določenimi pogoji del prehranske verige.

Povpraševanje po insektnih proteinih

Povpraševanje po insektnih proteinih hitro narašča zaradi njihove vsestranske uporabe v živinoreji, zlasti v akvakulturi, perutnini in celo hišni hrani.

1. Akvakultura

- **Tržni delež:** Akvakultura predstavlja skoraj **40% povpraševanja** po insektnih proteinih, saj so ribe in morski sadeži bogat vir beljakovin, vendar njihova proizvodnja povzroča veliko okoljskih pritiskov. Zaradi tega se akvakulturni sektor obrača na insekte kot na alternativo ribji moki.
- **Kvaliteta beljakovin:** Raziskave kažejo, da so insektni proteini bogati z esencialnimi aminokislinami, kar spodbuja rast in zdravje rib. Na primer, prehranske lastnosti črne bojvniške muhe vključujejo **50–60% beljakovin** in vse ključne aminokisline.
- **Finančni prihranki:** Ribogojnice poročajo o **10-15% nižjih stroških krme** ob prehodu na insektne proteine, kar lahko pomaga pri zmanjševanju odvisnosti od ribje moke, ki je postala draga in omejena surovina.

2. Perutnina in svinjina

- **Nadomestek sojine moke:** Zaradi visokih hranilnih vrednosti insektov so ti uporabni kot alternativa sojini moki, ki predstavlja dragocen, a sporen vir beljakovin zaradi okoljske problematike pridelave soje.
- **Povečanje hranilne vrednosti:** Raziskave kažejo, da krma, ki vsebuje insektne proteine, omogoča **10–20% višjo konverzijo hrane** v primerjavi z običajnimi viri, kar pripomore k izboljšani rasti in zdravju živali.
- **Uporaba v hišni hrani:** Zaradi hipoalergenih lastnosti in visokih hranilnih vrednosti so insektni proteini vse bolj prisotni tudi v hišni hrani. Trg hišne hrane, ki vključuje insektne proteine, je ocenjen na približno **100 milijonov USD** in narašča s CAGR okoli **30%**.

Ponudba in cene

Evropski trg je še v zgodnji fazi razvoja, vendar ga poganja hitro naraščajoče število podjetij, ki razvijajo inovativne načine za proizvodnjo insektov v velikem obsegu. Nekatera izmed glavnih podjetij so:

- **Protix** (Nizozemska): Ponuja visokokakovostne proteine iz črne bojvniške muhe za akvakulturo in živinorejo, pri čemer uporablja napredne tehnološke rešitve za proizvodnjo.
- **Ynsect** (Francija): Specializirano za mokaerje, Ynsect proizvaja proteine in gnojila, njihov portfelj pa je priljubljen v ribogojstvu.
- **Innovafeed** (Francija): Ima eno največjih proizvodnih obratov za insekte v Evropi in oskrbuje predvsem sektor ribogojstva.

Cene in pričakovana dinamika

Cene insektnih proteinov trenutno znašajo med **3,5 in 5 EUR/kg**, kar je lahko primerljivo z ribjo moko, vendar višje od sojine moke. Trenutni stroški so še vedno relativno visoki zaradi pomanjkanja ekonomije obsega, vendar z naraščanjem proizvodnje pričakujemo znižanje cen.

Glede na tržne napovedi bi lahko cena insektnih proteinov padla na približno **2,5 EUR/kg** v naslednjih petih do desetih letih, saj bodo večji obseg, tehnološki napredek in konkurenčnost prinesli dodatne prihranke, kljub temu pa je potrebno poudariti da so mnenja o tem zelo deljena.

Priložnosti in izzivi v regulativnem okolju

Evropski trg ima določene regulativne omejitve za proizvodnjo in uporabo insektov, kar vpliva na stroške in dostopnost trga. **Evropska agencija za varnost hrane (EFSA)** je uvedla stroge zahteve za uporabo insektnih proteinov v prehrani živali, vendar to podjetjem omogoča, da na trgu ponudijo visokokakovostne in varne proizvode.

Regulatorni izzivi:

- **Stroge zahteve za pridobitev dovoljenj:** Proizvajalci insektov morajo izpolnjevati stroge sanitarne in varnostne standarde, kar lahko poveča stroške in čas za vstop na trg.
- **Prepoznavnost na trgu za prehrano ljudi:** Čeprav je EU odobrila nekatere vrste insektov za prehrano ljudi, je prepoznavnost te industrije med potrošniki še vedno nizka. Predvideva se, da bo potrebna obsežna promocija, da se potrošniki seznanijo z varnostjo in trajnostnimi prednostmi insektov kot hrane.

Insekti kot vir beljakovin ponujajo obsežen tržni potencial zaradi hitre rasti povpraševanja po trajnostnih beljakovinah, še posebej v akvakulturi in živinoreji. Kljub visokim začetnim stroškom in regulatornim zahtevam so priložnosti v sektorju obetavne. Evropski trg se že razvija z vzpostavljenimi vodilnimi proizvajalci, ki s svojimi vlaganji in inovacijami razvijajo učinkovit in trajosten pristop k proizvodnji insektov. Cena insektnih proteinov naj bi se v naslednjih letih stabilizirala in omogočila širšo komercializacijo, medtem ko bodo tehnični in regulativni napredki omogočili podjetjem večjo dostopnost do trga.

Konkurenca

Evropski trg insektnih beljakovin se hitro razvija z več ključnimi podjetji, ki že imajo vzpostavljeno infrastrukturo, napredne proizvodne metode in izkušnje na trgu. Vodilna podjetja vključujejo:

- **Protix (Nizozemska):** Protix je pionir na področju proizvodnje insektov, specializiran za vzrejo črne bojvniške muhe. Njihovi produkti so namenjeni predvsem prehrani živali, zlasti za akvakulturo in perutnino. Protix uporablja lastne biotehnološke inovacije za izboljšanje učinkovitosti in trajnosti, kar jim omogoča vzdrževanje visoke kakovosti beljakovin in nizkih stroškov.
- **Ÿnsect (Francija):** Ÿnsect se osredotoča na mokaerje in proizvaja visokokakovostne proteine za akvakulturo in živinorejo, obenem pa razvija organske gnojilne proizvode iz ostankov insektne biomase. Podjetje ima močno financiranje in raziskovalno podporo ter je eno vodilnih v Evropi na področju insektne biotehnologije.

- **Innovafeed (Francija):** innovafeed je eden največjih evropskih proizvajalcev insektnih proteinov za ribogojstvo. Njihova infrastruktura in postopki so prilagojeni za množično proizvodnjo črne bojvniške muhe, kar omogoča zadovoljevanje potreb akvakulture po beljakovinah. Innovafeed prav tako sodeluje z velikimi živilnoredskimi podjetji, kar omogoča hitro širitev na trg.

V **Sloveniji** je konkurenca na področju insektnih beljakovin še v zgodnjih fazah. Trenutno obstajajo le manjši startapi, ki se osredotočajo predvsem na vzrejo insektov za živalsko prehrano in proizvodnjo organskih gnojil. Vendar pa zaradi naraščajočega povpraševanja po trajnostnih virih beljakovin in podpornih EU programov za trajnostne inovacije obstaja potencial za rast in razvoj domače konkurence.

SWOT analiza za insektno biokonverzijo v Sloveniji

SWOT analiza prikazuje notranje in zunanje dejavnike, ki vplivajo na razvoj insektno biokonverzije v Sloveniji, in poudarja konkurenčne prednosti ter možne izzive na poti.

Faktor	Opis
Prednosti	➤ Trajnostna predelava: Insektna biokonverzija omogoča učinkovito predelavo organskih odpadkov v visokokakovostne beljakovine, kar podpira krožno gospodarstvo in zmanjšuje količino odpadkov. ➤ Nižji okoljski odtis: Insekti za vzrejo potrebujejo manj vode, zemlje in energije kot tradicionalna živilnoredja, kar pripomore k nižjim emisijam CO₂ in zmanjšanju porabe naravnih virov. ➤ Inovativni trg: Insektni sektor je relativno nov, vendar hitro raste, predvsem z EU podporo trajnostnim projektom in inovacijam v kmetijstvu ter prehrani.
Slabosti	➤ Visoki začetni stroški: Proizvodnja insektov zahteva specializirano opremo za vzrejo, kar pomeni visok začetni kapital, zlasti v Sloveniji, kjer primanjkuje infrastrukture. Regulatorne omejitve: V EU so insekti trenutno regulirani kot krma za živali in omejeni na določene vrste hrane za ljudi, kar omejuje tržni potencial za končne proizvode, namenjene prehrani ljudi. Omejena usposobljenost: Slovenija še nima veliko izkušenj s področjem insektno biotehnologije, kar pomeni potrebo po usposabljanju kadrov in pridobivanju tehničnega znanja.
Priložnosti	➤ Rastoče povpraševanje: Povpraševanje po trajnostnih beljakovinah se povečuje, predvsem v akvakulturi, živilnoredji in celo za hišne ljubljence, kar prinaša nove tržne priložnosti. ➤ Sodelovanje z lokalnimi pridelovalci: Možnost sodelovanja z lokalnimi pridelovalci, živilsko industrijo in kmetijami za pridobivanje substratov, ki se lahko uporabljajo v biokonverzijskih procesih, kar dodatno povečuje trajnost.

	Podpora EU ciljem: Cilji Evropske unije glede krožnega gospodarstva in zmanjšanja odpadkov ter trajnostnega razvoja nudijo dodatne priložnosti za financiranje in podporo razvoju podjetij na področju insektov.
Grožnje	➤ Spremembe zakonodaje: Spremembe v zakonodaji EU glede uporabe insektov bi lahko vplivale na trg in na dostopnost trgov v različnih državah članicah. Tehnološka kompleksnost: Kompleksnost pri razvoju in vzdrževanju vzrejnih obratov za insekte lahko predstavlja tveganje za podjetja, zlasti v manjših obratih, kjer financiranje in kadri niso zadostni. Konkurenčni pritisk: Velika evropska podjetja, kot so Protix, Ynsect in innovafeed, imajo prednosti zaradi več kapitala, izkušenj in proizvodnih kapacitet, kar otežuje vstop manjših slovenskih podjetij na evropski trg.

Insektna biokonverzija ima velik potencial za razvoj v Sloveniji zaradi trajnostnih koristi in naraščajočega povpraševanja po alternativnih virih beljakovin. Vodilna evropska podjetja kot Protix, Ynsect in innovafeed že obvladujejo trg in postavljajo visoke standarde za nove proizvajalce. Zaradi visokih začetnih stroškov in regulativnih omejitev slovenski trg še ni močno razvit, vendar predstavlja priložnost za rast in inovacije v prihodnosti, zlasti s podporo EU.

Vključitev slovenskih podjetij v proizvodno verigo bi prinesla trajnostne rešitve za domače trge in sodelovanja z lokalnimi pridelovalci, kar bi lahko omogočilo krožno ekonomijo in zmanjšalo okoljski odtis. Pravilno usmerjena vlaganja, tehnološke izboljšave in prilagoditev zakonodaji so ključne za uspešen razvoj slovenskega sektorja insektne biokonverzije.

PREGLED TEHNOLOGIJ GOJENJA INSEKTOV

Za izvedbo gojenja insektov v Sloveniji sta ključni temeljiti analiza in razumevanje obstoječih tehnologij, ki omogočajo vzpostavitev optimalnega okolja za rast insektov. Zaradi kompleksnosti procesov in raznolikosti tehnoloških potreb glede na obseg pridelave je pregled usmerjen v analizo različnih tehnologij in tehnik, ki se uporabljajo tako na industrijskem nivoju kot na nivoju manjših kmetijskih obratov.

Industrijski nivo

Na industrijskem nivoju so sistemi za gojenje insektov zasnovani kot visoko avtomatizirani in optimizirani obrati, ki omogočajo natančno prilagajanje vseh ključnih pogojev za rast insektov, kot so temperatura, vlažnost in prezračevanje. Ti obrati temeljijo na večslojnih vertikalnih sistemih, ki omogočajo gojenje v več nivojih, kar je prostorsko učinkovito in ekonomsko upravičeno, saj omogoča pridelavo večje količine insektov na manjši površini.

Avtomatizirani sistemi: industrijska tehnologija za gojenje insektov vključuje avtomatske hranilne sisteme, ki omogočajo precizno odmerjanje in dovajanje hrane ter tekočin v določenih intervalih. Takšni sistemi uporabljajo napredno programsko opremo in senzorsko tehnologijo, ki omogoča spremljanje rasti in stanja populacije insektov v realnem času. To zmanjšuje potrebo po ročnem delu, hkrati pa zagotavlja višjo stopnjo produktivnosti in manjši odstotek odpadnega materiala.

Tehnološke zahteve: te tehnologije vključujejo drage sisteme za prezračevanje in kontrolo okoljskih pogojev, ki zagotavljajo enotno temperaturo in vlažnost v celotnem obratu, kar je ključno za ohranjanje optimalnega okolja za rast insektov. To omogoča zmanjšanje bolezni in zagotavlja bolj enotno rast. Prav tako so pomembni sistemi za ločevanje, zbiranje in čiščenje insektov po zakolu. Procesi ločevanja in zbiranja omogočajo hitrejšo pripravo surovin za nadaljnjo predelavo in biokonverzijo.

Težavnost in izvedljivost: z vidika težavnosti je uvedba takšnih sistemov finančno in tehnično zahtevna, saj zahteva visoko začetno naložbo v infrastrukturo in opremo. Potrebna je tudi usposobljenost osebja, ki upravlja s temi sistemi, predvsem pri obratovanju avtomatskih sistemov in spremljanju delovanja programske opreme. Stroški vzdrževanja in energije so na industrijskem nivoju visoki, kar lahko predstavlja izziv za nova podjetja v panogi.

Dolgoročna vzdržnost: avtomatizirani industrijski sistemi so na dolgi rok pogosto ekonomsko upravičeni, saj omogočajo hitro prilagajanje tržnim potrebam in večjo stabilnost proizvodnje. Avtomatizacija prispeva k večji zmogljivosti in ekonomiji obsega, vendar je uspešnost takšnega obrata močno odvisna od stroškov nabave in vzdrževanja opreme ter razpoložljivosti ustreznega usposobljenega kadra.

A) Priprava surovin

Na industrijskem nivoju ta korak vključuje nabavo, skladiščenje in predelavo surovin. Surovine, ki so običajno organski odpadki (npr. Živilski odpadki, stranski proizvodi iz kmetijstva in živinoreje),

so zbrane v velikih količinah in zahtevajo stroge postopke za zagotovitev kakovosti in skladnosti. Proces priprave lahko vključuje čiščenje, drobljenje in homogenizacijo surovin za optimizacijo biokonverzijskih reakcij.

B) Izбира in priprava žuželk

Industrijski obrat običajno uporablja specifične mikrobne kulture ali insekte, kot je črna bojovniška muha (*Hermetia illucens*), zaradi njihove sposobnosti hitrega razgrajevanja organskih snovi. Izbor vrst je prilagojen glede na vrsto in lastnosti surovin ter želene končne produkte. Priprava vključuje laboratorijsko ali avtomatizirano pripravo inokuluma (govorimo o 5 dni starih larvah) in njegovo kalibracijo za natančno biokonverzijo v industrijskem merilu.

C) Nadzor procesnih pogojev

V industriji je avtomatiziran nadzor ključnega pomena, saj omogoča natančno uravnavanje temperature, vlage, in prezračevanja v pladenjskih bioreaktorjih. Procesni pogoji se spremljajo s pomočjo senzorjev in krmilnih sistemov, ki zagotavljajo optimalne pogoje za rast mikroorganizmov ali žuželk. Poleg tega se lahko uvedejo prilagodljivi parametri, ki omogočajo hitro prilagajanje spremembam vhodnih surovin.

D) Optimizacija hitrosti biokonverzije

Za doseganje visoke učinkovitosti so ključni eksperimenti in modeli za napovedovanje hitrosti razgradnje in sinteze končnih produktov. Industrijski nivo pogosto uporablja optimizacijske modele, ki združujejo podatke iz zgodovinskih analiz z meritvami v realnem času. Uporaba strojnega učenja in umetne inteligence je vse bolj razširjena za napovedovanje variabilnosti v biokonverzijskih procesih.

E) Pridobivanje končnih produktov in odpadkov

Končni produkti biokonverzije, kot so organska gnojila, proteinske moke ali olja, se ločijo od odpadnih materialov s tehnikami filtracije, dekantiranja ali centrifugiranja. Pridobljeni produkti so nato pripravljeni za nadaljnjo predelavo ali pakiranje, medtem ko se neizrabljeni substrati uporabijo za npr. Bioplin ali dodatno predelavo v gnojilo.

F) Zagotavljanje standardov kakovosti

Industrijski nivo zahteva stroge protokole kakovosti, ki vključujejo mikrobiološke teste, analize hranilnih vrednosti in teste na prisotnost težkih kovin ter drugih kontaminantov. Laboratoriji za nadzor kakovosti izvajajo redne analize, s katerimi preverijo skladnost končnih produktov z industrijskimi standardi.

Nivo posamezne kmetije

Na nivoju posamezne kmetije so potrebe po opremi in infrastrukturi veliko manjše in pogosto prilagojene manjšemu obsegu gojenja. Sistemi za gojenje insektov na kmetijskem nivoju običajno ne vključujejo visoke avtomatizacije, vendar omogočajo osnovne pogoje za uspešno vzrejo.

Enostavni sistemi in prilagodljivost: Kmetijski obrati, ki se odločijo za vzpostavitev gojenja insektov, se običajno odločajo za preprostejše vertikalne enote, ki so modularne in prilagodljive potrebam kmetije. Pogosto gre za ročne ali polavtomatske hranilne sisteme, kjer se hrana doda ročno ali s pomočjo preprostih naprav, kar omogoča boljši nadzor nad količino hranilnih snovi. Uporaba osnovnih senzorjev za temperaturo in vlažnost zagotavlja minimalno avtomatizacijo, vendar so za uspešno gojenje ključni preprosti nadzorni sistemi.

Upravljanje in tehnične zahteve: kmetije potrebujejo osnovno prezračevalno in klimatsko opremo, ki omogoča vzdrževanje osnovnih pogojev, pri čemer lahko gre za preproste klimatske naprave in ventilatorje. Stroški so znatno nižji v primerjavi z industrijskimi obrati, prav tako so nižji stroški vzdrževanja. Kmetje se lahko lažje prilagodijo različnim sezonskim pogojem in količini proizvodnje, kar pomeni večjo fleksibilnost v primerjavi z industrijskimi obrati.

Težavnost in izvedljivost: za posamezno kmetijo je uvedba gojenja insektov stroškovno ugodnejša, saj so potrebne investicije bistveno manjše, prav tako so postopki vzdrževanja preprostejši. Izzivi se lahko pojavijo pri zagotavljanju stalnih pogojev za optimalno rast insektov, saj je pri manjših obratih težje doseči stabilne pogoje brez dodatnih stroškov za ogrevanje ali hlajenje.

Dolgoročna vzdržnost: kmetije, ki se odločijo za gojenje insektov, lahko postopno povečujejo obseg pridelave z dodatnimi enotami, kar omogoča organsko rast brez večjih začetnih vlaganj. Kljub temu pa se lahko pojavijo omejitve pri doseganju enake ravni produktivnosti kot v industrijskih obratih, saj se nekatere tehnologije težko prilagodijo manjšim obsegom.

Za izdelavo celovite analize procesa proizvodnje in biokonverzije za uporabo na dveh različnih nivojih, bom podrobno predstavil ključne točke za večji obrat na industrijskem nivoju ter za nivo posamezne kmetije. Vsaka točka vključuje korake, potrebne za uspešno in učinkovito biokonverzijo ter optimizacijo procesov na obeh nivojih.

A) Pridobivanje in priprava surovin

Na nivoju posamezne kmetije se surovine večinoma pridobivajo iz lokalnih virov, kot so ostanki krme ali odpadki iz zelenjavnih vrtov. Priprava je lahko bolj enostavna kot na industrijskem nivoju in vključuje predvsem čiščenje ter razrez večjih delov. Zelo pomembno je, da se upoštevajo sezonske razlike v razpoložljivosti in kakovosti surovin.

B) Izbira primerne vrste mikroorganizmov ali žuželk

Na nivoju kmetije se običajno izberejo robustne vrste žuželk, ki zahtevajo manj stroge pogoje za vzrejo, npr. Črna bojvniška muha. Kmetje pogosto izbirajo vrste, ki so naravno prisotne v okolju, saj zmanjšujejo potrebo po intenzivnem nadzoru pogojev.

C) Prilagoditev pogojev brez avtomatiziranih sistemov

Na kmetijah se pogoji prilagajajo na bolj ročen način; vključujejo nastavljanje temperature z uporabo naravnih virov toplote ali pasivnega prezračevanja ali enostavnejših klimatskih naprav. Vlaga in pH se prilagajata z osnovnimi tehnikami, kot je dodajanje vode ali apna. To pomeni, da je proces bolj izpostavljen variabilnosti, zato zahteva več praktičnega znanja in izkušenj pri prilagajanju.

D) Hitrost biokonverzije in prilagoditev dinamike procesa

Na kmetijah je pomembno sprotno spremljanje uspešnosti biokonverzije. Hitrost se pogosto ocenjuje vizualno ali s pomočjo enostavnih testov, kot je merjenje mase predelane snovi skozi čas. Prilagoditve se izvajajo po potrebi, na primer z dodajanjem svežih surovin za vzdrževanje aktivnosti žuželk.

E) Pridobivanje končnih produktov in ponovna uporaba odpadkov

Pridobivanje končnih produktov na kmetiji je enostavnejše, saj ni potrebna visoka stopnja čistosti. Proteinska moka ali *frass*, pridobljen s biokonverzijo, se pogosto takoj uporabi na kmetiji, npr. Kot gnojilo. Ostanke pa je mogoče uporabiti kot krmo ali kompost za izboljšanje strukture tal.

F) Osnovni nadzor kakovosti in varnost

Kmetje običajno izvajajo osnovne preglede kakovosti vizualno ali z uporabo enostavnih metod. V večini primerov ni potrebe po strožjih analizah, kot so mikrobiološki testi, saj se produkti uporabijo na samem gospodarstvu.

IZVEDLJIVOST ZA KMETIJSKI IN INDUSTRIJSKI NIVO

Industrijski nivo

Izvedljivost

Na industrijskem nivoju je biokonverzija izvedljiva z visokimi začetnimi investicijami, saj zahteva drago opremo, nadzorovane pogoje in tehnično usposobljeno osebje. Takšna operacija je smiselna v regijah z visokimi količinami razpoložljivih surovin, ki omogočajo obsežno proizvodnjo. Vložek v avtomatizacijo in tehnologijo omogoča konsistentne rezultate, kar je bistveno za dolgoročno finančno vzdržnost.

Prednosti

- **Konsistentnost in nadzor:** zaradi avtomatizacije in uporabe senzorjev je možno dosežati zelo stabilne pogoje za biokonverzijo, kar izboljša kakovost in enakomernost končnih produktov.
- **Velika kapaciteta:** industrijski obrat omogoča obdelavo velikih količin surovin, kar povečuje produktivnost in ekonomsko učinkovitost.
- **Standardizacija kakovosti:** laboratorijski nadzor in protokoli omogočajo dosledno kakovost, kar je pomembno za izpolnjevanje zahtev trga in regulativ.
- **Možnost tehnološkega napredka:** industrijski obrati pogosto razvijajo nove tehnologije in metode, kar omogoča stalno izboljšanje procesa.

Slabosti

- **Visoki stroški začetnih naložb:** oprema, avtomatizacija in nadzorni sistemi so finančno zahtevni, kar omejuje dostopnost za manjša podjetja.
- **Potrebna je visoka tehnična usposobljenost:** upravljanje in vzdrževanje avtomatiziranih sistemov zahteva visoko usposobljen kader, kar poveča stroške dela in uvajanja.
- **Okoljski odtis:** Industrijska postrojenja imajo lahko velik okoljski odtis, zlasti zaradi porabe energije in transporta surovin. Brez ustreznih trajnostnih strategij lahko negativno vplivajo na okolje.

Nivo posamezne kmetije

Izvedljivost

Na nivoju posamezne kmetije je biokonverzija izvedljiva z nižjimi začetnimi stroški, saj ni potrebe po dragih avtomatiziranih sistemih ali nadzornih tehnologijah. Proces lahko temelji na preprostejših tehnikah in ročnem delu, kar omogoča bolj lokalizirano in fleksibilno prilagajanje. Večja sezonska variabilnost in pomanjkanje strogega nadzora zahtevata prilagodljiv pristop kmetovalca.

Prednosti

- **Nizki stroški naložb:** manjša potreba po specializirani opremi omogoča izvedljivost tudi za manjša gospodarstva z omejenimi sredstvi.
- **Prilagodljivost in enostavno vzdrževanje:** ker se pogoji spremljajo in prilagajajo ročno, je sistem bolj prilagodljiv ter zahteva manj tehnične usposobljenosti.

- **Lokalna uporaba končnih produktov:** kompost ali beljakovinska moka se lahko takoj uporabita na kmetiji, kar zmanjša potrebo po transportu in omogoča kroženje snovi na lokalnem nivoju.
- **Nižji okoljski odtis:** manjši proizvodni obrat pomeni manjšo porabo energije in manjšo odvisnost od transporta surovin, kar zmanjšuje okoljski vpliv.

Slabosti

- **Variabilna kakovost in produktivnost:** zaradi sezonskih razlik in pomanjkanja avtomatizacije je kakovost produkta bolj spremenljiva, kar lahko oteži stabilno dobavo na trgu.
- **Omejena kapaciteta:** kmetija nima zmogljivosti za obdelavo večjih količin surovin, kar omejuje obseg proizvodnje in potencial za širitev.
- **Omejene možnosti nadzora:** brez avtomatiziranih sistemov je težje zagotoviti optimalne pogoje za biokonverzijo, kar lahko vpliva na učinkovitost in čas proizvodnje.

Splošna primerjava

Element	Industrijski nivo	Nivo posamezne kmetije
Začetna naložba	Visoka (zahteva drago opremo in avtomatizacijo)	Nizka (uporablja osnovno opremo in manj avtomatizacije)
Produktivnost	Visoka kapaciteta za velike količine surovin	Omejena na manjše količine surovin
Konsistentnost kakovosti	Visoka, zahvaljujoč strogi kontroli in avtomatizaciji	Variabilna, odvisna od sezone in spretnosti izvajalca
Tehnična zahtevnost	Potrebna visoka usposobljenost	Manjša potreba po specializiranem znanju
Okoljski vpliv	Višji zaradi porabe energije in transporta	Nizki vpliv, večinoma kroženje hranil na lokalnem nivoju
Dostopnost	Primerno za velike obrate in podjetja	Dostopno tudi manjšim kmetom

Oba nivoja imata svoje prednosti in slabosti, odvisno od ciljev in razpoložljivih virov. Industrijski nivo omogoča večjo produktivnost, konsistenco in možnost tehnološkega napredka, vendar zahteva visoke stroške naložb in tehnično usposobljen kader. Nasprotno pa nivo posamezne kmetije ponuja dostopno in nizkotehnološko rešitev, ki je primerna za lokalno uporabo, a ima omejeno kapaciteto in variabilno kakovost produkta.

Ko obravnavamo področje insektne biokonverzije, so možnosti za valorizacijo stranskih proizvodov in tehnološki izzivi pomembni vidiki, ki vplivajo na učinkovitost, trajnost in ekonomsko uspešnost procesov. Tukaj je pregled obeh področij z vidika insektne biokonverzije, podprt z dobrimi praksami in študijami primerov.

MOŽNOSTI ZA VALORIZACIJO STRANSKIH PROIZVODOV

Insektna biokonverzija, zlasti z uporabo črne bojvniške muhe (*Hermetia illucens*), ponuja različne stranske produkte, kot so proteinska moka, maščobne kisline, hitin, bioaktivne komponente, in ostanki, ki so bogati z organskimi hranili. Razvoj metod za valorizacijo teh stranskih produktov omogoča dodatne vire prihodka in povečuje učinkovitost uporabe surovin.

Proteinska moka

- **Primeri iz prakse:** proteinska moka iz insektov se vse bolj uporablja kot alternativa ribji moki v živinoreji, akvakulturi in celo v hišni hrani. Na primer, podjetja, kot sta Protix in Enterra, že proizvajajo proteinske izdelke za komercialno uporabo.
- **Potencial valorizacije:** proteinska moka ima visok tržni potencial zaradi naraščajočega povpraševanja po trajnostnih beljakovinskih virih. Lahko služi kot hrana za živali, zlasti za perutnino in ribe, pri čemer se znatno zmanjšajo emisije toplogrednih plinov, povezane z ribjo moko.

Maščobe in lipidi

- **Primeri iz prakse:** maščobe, pridobljene iz insektov, se uporabljajo za proizvodnjo biodizla ali kot dodatek v hrani za živali. Podjetje bioflytech se osredotoča na valorizacijo lipidov iz insektov kot biogoriva in surovin za industrijo krme.
- **Potencial valorizacije:** lipidi so dragoceni za proizvodnjo biogoriv in maščob za živinorejo, kjer prispevajo k energetski vrednosti krme. Prav tako se preučuje njihova uporaba v kozmetični industriji.

Hitin in hitozan

- **Primeri iz prakse:** hitin, pridobljen iz eksoskeleta insektov, ima potencialno uporabo v medicinski industriji kot antibakterijsko sredstvo, v embalaži in v farmaciji. Na primer, podjetje Ynsect razvija hitin in njegove derivate za različne namene.
- **Potencial valorizacije:** hitozan, derivat hitina, ima visok potencial za uporabo kot biorazgradljiv material, v medicinskih aplikacijah in kot naravni konzervans. Zaradi protimikrobnih lastnosti je uporaben v kozmetiki in medicinskih pripomočkih.

Preostala organska snov ali frass

- **Primeri iz prakse:** ostanki po insektni biokonverziji, imenovani frass, se pogosto uporabljajo kot bogato organsko gnojilo. Podjetje agriprotein to prakso uporablja za povečanje ekonomske učinkovitosti biokonverzijskega procesa.
- **Potencial valorizacije:** frass je bogat s hranili in lahko izboljša strukturo tal, zadrževanje vode in mikrobiološko aktivnost. Njegova uporaba zmanjšuje potrebo po sintetičnih gnojilih, kar je koristno za trajnostno kmetijstvo.

TEHNOLOŠKI IZZIVI IN MOŽNE REŠITVE

Insektna biokonverzija se sooča s številnimi tehnološkimi izzivi, ki jih je mogoče premagati s pomočjo inovacij v postopkih in opremi ter z uporabo sodobnih znanstvenih dognanj.

Nadzor pogojev za optimalno rast insektov

- **Izziv:** doseganje optimalnih pogojev za rast in razmnoževanje insektov je zahtevno, saj je treba nadzorovati temperaturo, vlažnost in osvetlitev. Nestabilni pogoji lahko zmanjšajo produktivnost in vplivajo na kakovost končnega produkta.
- **Možne rešitve:** razvoj pametnih senzorjev in avtomatiziranih nadzornih sistemov omogoča natančno spremljanje pogojev v realnem času. Senzorji lahko avtomatsko uravnavajo temperaturo in vlažnost, kar optimizira rast insektov. Uporaba umetne inteligence za napovedovanje sprememb v okolju omogoča še večjo natančnost.

Zmanjšanje stroškov substratov in optimizacija krme

- **Izziv:** surovine za hranjenje insektov predstavljajo velik strošek v proizvodnji. Iskanje poceni in dostopnih substratov, ki omogočajo enako produktivnost, je eden ključnih izzivov.
- **Možne rešitve:** uporaba lokalno dostopnih odpadkov, kot so ostanki iz živilske industrije, lahko zmanjša stroške in poveča okoljsko trajnost. Študije primerov, kot je uporaba pivskih tropin ali zelenjavnih ostankov, so pokazale, da so insekti prilagodljivi in lahko rastejo na različnih substratih. Optimizacija zmesi substratov z dodatki za boljši izkoristek hranil je še en pristop.

Težave z ločevanjem insektov in substrata

- **Izziv:** mešanje insektov s substratom zahteva učinkovite postopke ločevanja, ki so pogosto časovno zahtevni in dragi.
- **Možne rešitve:** razvoj mehanskih ločevalnikov in vibracijskih sistemov omogoča hitrejše in učinkovitejše ločevanje insektov od ostankov substrata. Nekatera podjetja so razvila rotirajoče bobne in vibracijske mize, ki optimizirajo proces ločevanja. Prav tako se razvijajo biološko razgradljivi materiali za substrat, ki jih je mogoče enostavno ločiti z uporabo vode ali toplote.

Standardizacija proizvodnih procesov

- **Izziv:** za komercialno uspešnost je potrebna standardizacija procesov, ki zagotavlja dosledno kakovost produktov in njihovo skladnost s predpisi.
- **Možne rešitve:** sprejetje standardov kakovosti, ki vključujejo mikrobiološke teste, analizo hranilnih vrednosti in teste na kontaminante, lahko pripomore k večji doslednosti. V industriji se uvajajo standardizirane metode, podprte s senzorsko tehnologijo in umetno inteligenco, ki omogočajo bolj enotno kontrolo kakovosti.

Obvladovanje odpadkov in emisij

- **Izziv:** insektna biokonverzija proizvaja organske odpadke in lahko prispeva k emisijam toplogrednih plinov, zlasti v večjih proizvodnih obratih.
- **Možne rešitve:** vključitev anaerobnih digestorjev za predelavo organskih ostankov lahko zmanjša emisije in omogoči pridobivanje bioplina kot dodatnega vira energije. Poleg tega se lahko razvijajo rešitve za prečiščevanje izpustov plinov, ki vključujejo biofiltre za zmanjšanje emisij amoniaka in drugih hlapnih snovi.

Insektna biokonverzija ima ogromen potencial, vendar so ključne tehnološke rešitve potrebne za premagovanje izzivov v nadzoru pogojev, optimizaciji substratov, ločevanju substrata in insektov, standardizaciji kakovosti ter obvladovanju odpadkov. Valorizacija stranskih produktov predstavlja dodatne ekonomske priložnosti, ki povečajo učinkovitost in trajnost sistema, tako na nivoju posameznih kmetij kot industrijskih obratov.

OCENA IZVEDLJIVOSTI PRENOSA PREDLAGANIH REŠITEV V PRAKSO

Ekonomska izvedljivost

Ocena začetnih investicijskih stroškov predstavlja ključno fazo pri določanju finančne izvedljivosti projekta. Pri tem se upoštevajo različni vidiki, kot so izdelava finančnih modelov z uporabo metod, kot so neto sedanja vrednost (NPV), notranja stopnja donosnosti (IRR) in analiza občutljivosti. Ključni stroški vključujejo investicijo v infrastrukturo in opremo, kot so prostorska ureditev, avtomatizirani sistemi in logistične rešitve. Pravna in regulativna skladnost zahteva dodatne stroške za pridobitev dovoljenj, certifikatov in regulatornih postopkov. Poleg tega so potrebni vložki v raziskave in razvoj, ki zajemajo začetne raziskave, testiranja ter razvoj tehnologij za optimizacijo proizvodnje. Stroški človeških virov vključujejo zaposlovanje in usposabljanje kadrov za učinkovito upravljanje sistema.

Ocena operativnih stroškov je nujna za dolgoročno vzdržnost projekta. Stroški surovin in krme predstavljajo pomemben faktor, saj je treba analizirati vrednost substratov in stranskih proizvodov, ki se uporabljajo kot hranilni mediji za insekte. Energetski stroški in poraba vode vplivajo na ekonomiko projekta, pri čemer so optimizacija rabe energije, uporaba obnovljivih virov in zmanjšanje vodne porabe ključni ukrepi za zmanjšanje stroškov. Stroški dela vključujejo plače zaposlenih, socialne prispevke in stroške upravljanja delovne sile. Logistika in distribucija prinašata stroške prevoza surovin in končnih izdelkov ter morebitna skladiščenja, kar zahteva učinkovite rešitve, kot so optimizacija transportnih poti in sodelovanje s logističnimi partnerji. Pomembno je tudi vzdrževanje opreme, kjer je priporočljivo vnaprej določiti strategijo preventivnega servisiranja. Upravljanje odpadkov je še en ključni vidik, pri čemer bi bilo smiselno raziskati možnosti ponovne uporabe in reciklaže stranskih produktov.

Za financiranje projekta so na voljo različni viri sredstev. Nacionalni in EU programi, kot so Evropski strukturni in investicijski skladi (ESIF), Horizon Europe, LIFE program ter Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja (EKSRP), ponujajo različne finančne spodbude. Možnosti investicijskih skladov vključujejo tvegani kapital, poslovne anjele in podjetniške sklade, ki lahko zagotovijo nepovratna in povratna sredstva. Prav tako so na voljo javni in zasebni subvencijski programi, ki podpirajo trajnostne projekte in inovacije v agroživilskem sektorju. Pri iskanju financiranja je pomembno preučiti pogoje posameznih razpisov in pripraviti kakovostne prijave, ki jasno opredeljujejo inovativnost in tržni potencial projekta.

Pri analizi prihodkov in dobičkonosnosti je treba upoštevati ciljne trge in segmentacijo kupcev. Povpraševanje po insektni biomasi, insektni moki, beljakovinskih koncentratih in drugih stranskih produktih narašča, kar ustvarja poslovne priložnosti. Ključni tržni segmenti vključujejo prehrabetno industrijo, sektor za krmo za živali ter industrijske partnerje. Pri oblikovanju cenovne politike je treba upoštevati stroškovne prednosti insektnih produktov v primerjavi s tradicionalnimi viri beljakovin. Marketinška strategija se lahko osredotoči na vzpostavitev distribucijskih kanalov in partnerstev ter raziskovanje izvoznih možnosti. Ocena dobičkonosnosti zahteva uporabo

finančnih modelov, ki omogočajo preračunavanje pričakovanega dobička ob upoštevanju operativnih stroškov in obsega prodaje.

Modeli implementacije insektne biokonverzije na kmetijska gospodarstva in pilotne projekte so odvisni od prilagodljivosti tehnologije. Možnosti integracije insektne biokonverzije v obstoječe kmetijske procese omogočajo večjo samooskrbo s proteini in znižanje stroškov odpadkov. Ključne prednosti vključujejo diverzifikacijo prihodkovnih virov in optimizacijo upravljanja stranskih produktov. Pilotni projekti lahko vključujejo manjše, srednje in večje obrate, kjer se testira učinkovitost tehnologije v različnih pogojih. Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami in podjetji omogoča hitrejši razvoj in prilagoditev tehnologije specifičnim potrebam trga.

Ekonomska izvedljivost insektne biokonverzije v agroživilskem sektorju je močno odvisna od optimizacije stroškov, dostopa do financiranja, tržnega sprejemanja in pravne skladnosti. Visoki začetni stroški za infrastrukturo, raziskave in regulativne postopke predstavljajo izziv, ki ga je mogoče omiliti z uporabo obstoječih objektov v agroživilskem sektorju, avtomatizacijo proizvodnje ter energetske učinkovitosti z uporabo obnovljivih virov. Pridobitev sredstev iz nacionalnih in evropskih programov, kot so ESIF, Horizon Europe in LIFE, skupaj s podporo tveganega kapitala in poslovnih angelov, lahko zagotovi potrebne finančne vire za razvoj projekta. Pravna skladnost zahteva sodelovanje z regulatornimi organi za pridobitev certifikatov, pri čemer so pilotni projekti koristni za postopno širitev na trg. Sprejemanje insektne biomase kot vira beljakovin je še vedno omejeno, zato je ključnega pomena usmerjenost na industrijske segmente, kot so proizvajalci krme in prehrabena industrija, kjer je tržna sprejemljivost višja. Hkrati je treba potrošnike ozaveščati o okoljskih in prehranskih prednostih teh produktov ter razvijati strateška partnerstva z večjimi agroživilskimi podjetji. Konkurenčnost insektnih produktov je mogoče izboljšati z zagotavljanjem cenovno stabilnih substratov ter prilagodljivostjo poslovnega modela, ki vključuje kombinacijo lastne proizvodnje in licenciranja tehnologij. Celovit pristop, ki združuje učinkovito finančno strategijo, tehnološko optimizacijo in tržni razvoj, lahko zagotovi dolgoročno vzdržnost projekta ter omogoči uspešno integracijo insektne biokonverzije v sodobne prehranske in krmne verige.

Pregled globalnega trga beljakovin žuželk

Velikost in rast trga

Svetovni trg beljakovin iz žuželk je bil leta 2021 ocenjen na približno 342,87 milijona USD, s pričakovano sestavljeno letno stopnjo rasti (CAGR) 26,49%. Glede na napovedi naj bi trg do leta 2027 dosegel vrednost 1,386 milijarde USD. Ključni dejavniki rasti vključujejo naraščajoče povpraševanje po alternativnih beljakovinah, trajnostni vidik proizvodnje beljakovin iz žuželk in njihovo vlogo v krožnem gospodarstvu.

Faza življenjskega cikla trga

Trg beljakovin iz žuželk je trenutno v fazi intenzivne rasti, za katero so značilna povečana vlaganja v raziskave in razvoj ter širitev proizvodnih zmogljivosti. Povpraševanje spodbuja rastoča zavest potrošnikov o vplivu prehrane na okolje, kar vodi v večjo sprejemljivost alternativnih virov beljakovin. Poleg prehranske industrije se beljakovine iz žuželk vse bolj uporabljajo tudi v krmi za živali, kmetijstvu, farmacevtski in kozmetični industriji.

Integracija naprednih tehnologij, kot so biotehnološki procesi za optimizacijo vzreje žuželk in ekstrakcije beljakovin, prispeva k večji prilagodljivosti teh virov za različne industrijske aplikacije. Rast trga prav tako pospešujejo vladne regulative, ki podpirajo trajnostne rešitve in biogospodarstvo.

Dejavniki, ki vplivajo na trg

- **Trajnost in okoljski vpliv:** Zmanjšanje ogljičnega odtisa in potreba po alternativah tradicionalnim virom beljakovin (živalski in rastlinski) spodbujata rast trga. Žuželke imajo bistveno manjši vpliv na okolje, saj porabijo manj vode, zemlje in hrane kot govedo, perutnina ali ribe.
- **Povečana poraba beljakovin:** Svetovna populacija raste, s tem pa tudi potreba po novih, trajnostnih virih beljakovin.
- **Regulatorni okvir:** Evropska unija in druge regije aktivno pregledujejo zakonodajo, da bi olajšale uporabo beljakovin žuželk v prehrani ljudi in krmi za živali.
- **Sprejemanje med potrošniki:** Kljub trajnostnim prednostim ostaja kulturna in psihološka ovira pri vključevanju žuželk v prehrano ljudi.

Segmentacija trga

Po uporabi

- **Prehrambena industrija** – vključuje izdelke, kot so beljakovinske ploščice, prigrizki, testenine in dodatki k prehrani.
- **Krma za živali** – segment z najhitrejšo rastjo, saj ponuja visoko hranilno vrednost in učinkovitejšo pretvorbo hrane v beljakovine.
- **Druga uporaba** – kmetijstvo, farmacevtska industrija, kozmetični izdelki.

Po vrsti žuželk

- **Črčki (*Acheta domesticus*)** – vodilni segment, znan po visoki vsebnosti beljakovin in široki uporabnosti.

- **Črna bojevniška muha (*Hermetia illucens*)** – pogosto uporabljena v krmi za živali in v krožnem gospodarstvu zaradi sposobnosti pretvorbe odpadnih snovi.
- **Mokasti črvi (*Tenebrio molitor*)** – vse bolj popularni v prehrambeni industriji.
- **Mravlje, kobilice in druge vrste** – manjše tržne niše s specifičnimi uporabi.

Po regijah

- **Severna Amerika** – vodilna regija s prihodki 86 milijonov USD v letu 2021, visoka stopnja inovacij.
- **Evropa** – rast podprta z regulatornimi spremembami in trajnostnimi iniciativami.
- **Azijsko-pacifiška regija** – regija z najvišjo CAGR (31,11 %), močno tradicijo uživanja žuželk in hitro urbanizacijo.
- **Kitajska, Združeno kraljestvo, Južna Amerika, Bližnji vzhod in Afrika** – rastoči trgi s potencialom za prihodnje investicije.

Nedavni razvoj trga

- **Januar 2022:** Francosko podjetje Ynsect je napovedalo širitev na japonski in korejski trg.
- **December 2021:** Neo Bites je lansiral funkcionalne dodatke k hrani za pse iz beljakovin žuželk.
- **November 2021:** Agronutris je napovedal naložbo 116 milijonov USD v dve novi tovarni v Franciji.
- **Januar 2020:** Darling Ingredients je prevzel enviroflight, vodilnega proizvajalca beljakovin žuželk v ZDA.
- **Maj 2018:** Protix in Buhler sta ustanovila skupno podjetje za vzrejo in predelavo žuželk.

Povpraševanje – gonila in omejitve

Gonila rasti

- Povečano povpraševanje po visokokakovostnih beljakovinah.
- Trajnost in nizki okoljski vplivi.
- Razvoj inovativnih izdelkov in izboljšanje okusa.
- Rast sektorja krme za živali in akvakulture.

Omejitve trga

- Nizka raven ozaveščenosti in sprejemanja s strani potrošnikov.
- Regulatorne ovire pri uporabi v prehrambeni industriji.
- Možne alergijske reakcije in potreba po dodatnih raziskavah.

Pregled evropskega trga proizvodnje žuželk za živalsko krmo in hrano za hišne ljubljence

Proizvodnja žuželk za živalsko krmo in hrano za hišne ljubljence hitro narašča po vsem svetu, pri čemer Evropska unija (EU) igra ključno vlogo pri regulaciji in spodbujanju tega trga. Številna podjetja, ki so bila prvotno usmerjena v biokontrolo ali proizvodnjo krme za nišne trge, zdaj diverzificirajo svoje dejavnosti in se osredotočajo na trg hrane za male živali.

Zgodovinski mejnik v razvoju sektorja je bilo dovoljenje EU za uporabo predelanih živalskih beljakovin (PAP) iz žuželk v krmi za ribogojstvo, ki je stopilo v veljavo julija 2017. Kot rezultat tega je ribogojstvo postalo osrednji trg za proizvajalce žuželk kot krmne sestavine. Nadaljnje spremembe v zakonodaji, kot je odobritev uporabe PAP iz žuželk v krmi za perutnino in prašiče (april 2021), odpirajo dodatne tržne priložnosti in omogočajo nadaljnjo rast sektorja.

Gospodarski pregled in napovedi razvoja sektorja

Evropski sektor proizvodnje žuželk za krmo ima potencial, da do leta 2030 ustvari 25.000 delovnih mest. Od njegove ustanovitve je bilo v industrijo vloženih več kot milijarda evrov, pri čemer se pričakuje, da bo ta znesek do leta 2025 dosegel 3 milijarde evrov. Po ocenah bo skupni promet deležnikov na trgu krme iz žuželk do konca desetletja presegel 2 milijardi evrov na leto.

Rast sektorja je tesno povezana z regulatornim okvirom, ki postopoma omogoča širšo uporabo žuželk v živalski prehrani. Pričakovati je povečanje proizvodnih zmogljivosti, ki bo posledica gradnje novih objektov, prilagajanja logističnih procesov ter naraščajočega zavedanja potrošnikov o prednostih tovrstnih produktov.

Segmentacija trga in pričakovana rast

Trg žuželk kot krme je dinamičen in odvisen od številnih dejavnikov, pri čemer ima regulatorni okvir ključno vlogo. Po odobritvi PAP za žuželke v ribogojstvu je ta sektor postal glavni porabnik tovrstnih krmnih sestavin. Po podatkih Mednarodnega združenja za proizvodnjo in predelavo žuželk (IPIFF) bodo nadaljnje zakonodajne spremembe omogočile širšo uporabo teh sestavin tudi v krmi za perutnino in prašiče, kar bo povečalo povpraševanje po insektni moki.

Do sredine desetletja bo največji del povpraševanja prihajal iz sektorja hrane za hišne živali, kjer bo poraba znašala 40–50% celotne proizvodnje insektni moke. Ribogojstvo bo ostalo pomemben segment s 25–35% tržnim deležem, predvsem zaradi rastočega povpraševanja po izdelkih iz ribogojstva, kot so postrvi in losos. Trga perutnine in prašičereje bosta sledila z 20–30% in 5–15 % deležem, pri čemer se pričakuje nadaljnja rast, ko bodo vse zakonodajne spremembe stopile v veljavo.

Pričakovani regulatorni razvoj in njegov vpliv na proizvodnjo

Do konca desetletja se pričakujejo nove regulacije, predvsem v zvezi z avtorizacijo novih substratov, ki bodo imeli ključno vlogo pri povečanju proizvodnje žuželk in njihovih sestavin ter znižanju cen končnih produktov. Napovedi kažejo, da bo sektor lahko dosegel letno proizvodnjo 1 milijona ton insektni moke do leta 2030, če bodo izpolnjeni ustrezni regulatorni pogoji.

Za oceno prihodnjega razvoja sektorja so bili oblikovani trije možni scenariji:

- **Scenarij 1: Diverzifikacija dovoljenih substratov pred sredino desetletja** – Če bo dovoljena uporaba širšega nabora odpadne hrane, vključno z organskimi odpadki živalskega izvora in odpadki iz gostinstva, bo to močno pospešilo rast trga. V tem primeru bi lahko več kot 10 % rib, zaužitih v EU, izviralo iz ribogojnic, ki uporabljajo beljakovine žuželk v svoji krmi. Prav tako bi 1 od 40 zaužitih jajc in 1 od 50 porcij piščančjega mesa izviralo iz perutnine, hranjene z žužkami.
- **Scenarij 2: Dovoljenje za uporabo novih substratov za neprehranske živali** – V tem scenariju bi bili novi substrati najprej dovoljeni za hrano za hišne ljubljence, kar bi povzročilo povečanje tržnega deleža tega segmenta, ne da bi bistveno vplivalo na krmo za proizvodne živali.
- **Scenarij 3: Postopna rast brez večjih regulatornih sprememb** – Če regulacija ne bo bistveno napredovala, bo rast sektorja počasnejša, pri čemer bi do konca desetletja le 5% rib, zaužitih v EU, izviralo iz ribogojstva, ki uporablja insektno moko. Prav tako bi bilo razmerje jajc in perutnine, hranjene z žužkami, občutno nižje.

Geografska segmentacija in razvoj trga

Trenutno večina podjetij deluje na nacionalni ravni in vzpostavlja proizvodne zmogljivosti ali pilotne projekte. Leta 2020 je več kot 80% članov IPIFF ciljalo na evropski trg, pri čemer se pričakuje, da se bo do konca desetletja večina proizvajalcev širila na globalni trg. Do leta 2030 bi lahko mednarodni trgi postali ključni odjemalci evropskih proizvajalcev insektne moke.

Zaposlitvene priložnosti in ekonomski vpliv

Sektor gojenja žuželk ima velik potencial za ustvarjanje novih delovnih mest. Po ocenah IPIFF bo število neposrednih delovnih mest do leta 2025 osemkrat večje kot v letu 2020, pri čemer se pričakuje, da bo do konca desetletja število zaposlenih preseglo 16.000. Poleg neposrednih delovnih mest se bo močno povečalo tudi število posrednih zaposlitev, ki bodo predstavljale približno tretjino vseh delovnih mest v sektorju.

Na podlagi trenutnih projekcij bi sektor lahko do leta 2030 ustvaril več kot 25.000 neposrednih in posrednih delovnih mest, kar bi prispevalo k trajnostni rasti evropske bioekonomije in zmanjšanju ekološkega odtisa prehranskih sistemov EU.

Gojenje črne bojevniške muhe kot model predelave stranskih snovnih tokov

V procesu gojenja ličink *Hermetia illucens* (H. Illucens) se kot hranilni substrat uporabljajo različni živilski odpadki iz prehranske industrije, vključno s testeninami, zelenjavo, sadjem in mesom. Povprečna kemijska sestava teh odpadkov znaša 58 % ogljikovih hidratov, 30 % lipidov in 12 % beljakovin (m/m), vsebnost vode pa dosega 68 % (m/m), kar vpliva na njihovo nadaljnjo predelavo in uporabo kot substrat za rast ličink. Statistični podatki Evropske unije kažejo, da povprečni prebivalec dnevno proizvede približno 0,4 kg odpadne (moke) hrane. Na podlagi teh podatkov je model predelave zasnovan tako, da omogoča obdelavo 53,6 ton mokre hrane dnevno, pri čemer je predvideno neprekinjeno obratovanje v obsegu 300 dni na leto.

Pred pričetkom gojenja ličink je potrebna predhodna obdelava substrata, ki vključuje zbiranje in transport odpadne hrane, mehansko obdelavo za odstranitev nebioloških primesi, sanitacijo s pasterizacijo in prilagoditev vlage na najmanj 70 %, kar ustvarja optimalne pogoje za rast ličink. Tako obdelani odpadki so pripravljeni za uporabo kot hranilni substrat. Proces gojenja temelji na industrijskem pilotnem pristopu, pri katerem substrat služi kot hranilo skozi več razvojnih faz. Za vsakih 1 tono odpadne hrane je potrebnih 0,06 kg svežih mladih ličink, kar ob zaključku gojitvenega cikla rezultira v 9,57 kg odraslih ličink in 60 kg frasa (posušениh organskih ostankov), ki se lahko uporabi kot biognojilo. Učinkovitost procesa se izraža v značilnem zmanjšanju mase odpadkov, ki znaša med 63,2 % in 76,6 % (m/m). Razvojni cikel ličink je odvisen od sestave substrata, temperature, vlažnosti in osvetlitve. Povprečni časi razvoja so 15 dni pri odpadkih iz pivovarske industrije, 35 dni pri krompirjevih olupkih in 18 dni pri mešani hrani s pretečenim rokom trajanja, kar je tudi podlaga za model te študije.

Celoten strošek obdelave 53,6 ton mokre hrane dnevno je ocenjen na približno 79.358 €. Kapitalski stroški vključujejo potrebno opremo, operativni stroški pa znašajo 5.281,56 € na dan. Cena proizvodnje 1 tone biomase ličink H. Illucens je ocenjena na 1.451 €. Ključen stroškovni dejavnik predstavlja zbiranje in transport živilskih odpadkov. Cena na tono odpadne hrane znaša 0,21 €, kar je nizka vrednost in vključuje možnost pristojbin za obdelavo odpadkov. Za primerjavo, v Nemčiji podjetja za odlaganje krompirjevih olupkov in živil s pretečenim rokom uporabe povprečno zaračunajo 78,75 € na tono. Za dnevno zbiranje 56,3 ton mokre hrane je potrebno pokriti območje s približno 140.000 prebivalci.

Cena primerljivih beljakovinskih surovin na trgu kaže, da ribja moka stane 1.370 €/t, soja 370 €/t, piščančje peruti 2.740 €/t, goveji file pa 3.987 €/t. Posušene ličinke H. Illucens se v maloprodaji prodajajo po ceni 1.816 €/t, kar kaže na njihov potencial kot visoko kakovostni beljakovinski vir za živalsko krmo. Gojenje ličink H. Illucens ponuja trajnostno in ekonomsko upravičeno rešitev za predelavo živilskih odpadkov, saj omogoča pretvorbo odpadne biomase v visoko vrednostne beljakovine, ob tem pa generira frasa kot uporabno biognojilo. Ob upoštevanju proizvodnih stroškov (1.451 €/t) in tržne vrednosti posušениh ličink (1.816 €/t) se operativni stroški lahko pokrijejo, dodatne prihodkovne priložnosti pa ponuja predelava v specializirane produkte, kot so maščobne kisline, hitin in encimi. Dolgoročno lahko izboljšanje procesov gojenja in optimizacija substrata dodatno zmanjšata stroške ter povečata ekonomsko vzdržnost tega modela krožnega gospodarstva.

Ocenili smo finančno izvedljivost gojenja žuželk s pregledom literature in izvedbo intervjujev z gojitelji ter strokovnjaki. Ključni finančni parametri, kot so variabilni stroški, posredni stroški in prodajna cena, so bili pridobljeni iz intervjujev ter vključeni v stohastično simulacijo prihodnjih scenarijev. Ta pristop omogoča realno oceno negotovosti, saj določa verjetnostne porazdelitve posameznih spremenljivk ter s tem omogoča natančnejše napovedi prihodnjih trendov.

Finančna analiza črne bojevniške muhe

Študija je pokazala, da ima črna bojevniška muha, *H. Illucens*, največji potencial pri ustvarjanju beljakovin iz nizkovrednih odpadkov, kar je ključna prednost pri vzpostavitvi krožnega gospodarstva in zmanjševanju odpadkov v prehranski verigi. Trenutna stroškovna cena ene tone ličink je približno enaka prodajni ceni, kar pomeni, da so marže izjemno nizke ali celo negativne. Povprečna prodajna cena svežih ličink *H. Illucens* znaša približno 3.500 € na tono, pri čemer analize kažejo možen padec cene na 800 € na tono v prihodnosti zaradi optimizacije proizvodnih procesov in rastoče konkurence.

Takšna nihanja v ceni so posledica trenutnih poslovnih modelov podjetij, ki so primarno usmerjena v inovacije ter raziskave in razvoj (R&R). Zaradi osredotočenosti na tehnološki napredek optimizacija proizvodnje, stroškovna učinkovitost in doseganje ekonomije obsega še niso v celoti doseženi.

Ključni stroškovni dejavniki v proizvodnji *H. Illucens* so:

- **Stroški dela** – velik delež ročnega dela povzroča visoke stroške, saj so proizvodni postopki še vedno relativno ročno intenzivni.
- **Cena krme** – izbira substratov za vzrejo vpliva na stroškovno učinkovitost gojenja.
- **Amortizacija opreme** – avtomatizacija in mehanizacija sta nujni za povečanje učinkovitosti in zmanjšanje stroškov, vendar zahtevata visoke začetne investicije.

Na trgu trenutno prevladujejo visokotehnološki industrijski obrati, ki jih podpirajo zasebni vlagatelji. Kljub temu pa je izmenjava informacij in inovacij v panogi zelo omejena, kar dodatno otežuje razvoj sektorja in zavira njegovo hitro rast.

Izzivi in prihodnji razvoj

Vzreja in razmnoževanje *H. Illucens* predstavljata kompleksen biološki in tehnološki izziv. Večina podjetij se raje osredotoča na vzrejo drugih vrst žuželk, ki so lažje obvladljive, kar pomeni, da je razvoj gojitvenega okolja za *H. Illucens* precej negotov in zahteva dodatne raziskave.

Največji izzivi v panogi vključujejo:

- Velik delež ročnega dela, ki povečuje stroške proizvodnje in zmanjšuje konkurenčnost.
- Omejene prodajne poti, ki otežujejo tržno rast in komercializacijo izdelkov.
- Nezadostna avtomatizacija, ki upočasnjuje povečanje proizvodne učinkovitosti.
- Zakonske omejitve, ki vplivajo na razvoj trga in regulacijo uporabe *H. Illucens* v različnih industrijah.

Analize kažejo, da bo z višanjem stopnje avtomatizacije in mehanizacije mogoče znižati stroške proizvodnje ter povečati konkurenčnost sektorja. Prav tako obstaja velik potencial v predelavi *H. Illucens* v lipide, beljakovine in hitin, ki imajo visoko ekonomsko vrednost v prehrabi, kozmetični, farmacevtski in tekstilni industriji.

Anketiranci menijo, da imajo ličinke črne bojvniške muhe (*H. Illucens*) največji potencial za proizvodnjo beljakovin. Strokovnjaki in sodelujoči v anketi so izpostavili, da trenutni stroški proizvodnje ene tone ličink *H. Illucens* približno ustrezajo njihovi prodajni ceni. Vsi anketiranci so se strinjali, da ima ta vrsta izjemen potencial za pretvorbo nizkovrednih odpadnih tokov v visokokakovostne beljakovine. Kljub temu priznavajo, da je proces vzreje in razmnoževanja zelo zahteven. Trenutno trg obvladujejo visoko tehnološko napredni industrijski obrati, podprti s strani vlagateljev, pri čemer je dostop do informacij in inovacij precej omejen.

Strokovnjaki in kmetje, ki so sodelovali v intervjujih, so navedli, da je povprečna prodajna cena svežih ličink *H. Illucens* približno 3.500 € na tono, vendar nekateri napovedujejo, da bi se cena lahko v prihodnje stabilizirala pri približno 800 € na tono. Trenutni stroški proizvodnje so primerljivi ali celo višji od 3.500 € na tono. Razlog za nizko ali celo negativno maržo se skriva v poslovnih modelih obstoječih obratov, ki se večinoma osredotočajo na inovacije ter raziskave in razvoj (R&R), namesto na optimizacijo proizvodnje in zniževanje stroškov. Poleg vlaganj v R&R največji delež stroškov predstavljajo stroški dela, krme ter amortizacija opreme, vključno z avtomatizacijo in mehanizacijo proizvodnih procesov.

Zaključki:

- **Prodajne cene** so močno odvisne od geografske lokacije, segmenta trga (krma ali prehrana) in prodanih količin.
- **Cene izdelkov** so bile nižje v državah z nižjimi operativnimi stroški v primerjavi z zahodnimi trgi. Poleg tega so bile cene proizvodov za prehrano praviloma višje kot cene krmil, kar je posledica strožjih zahtev glede kakovosti živil.
- **Trend upadanja cen** pri moki črne bojvniške muhe (*H. Illucens*) nakazuje povečano konkurenčnost in stabilno povpraševanje.
- **Dostopnost podatkov o operativnih stroških** se razlikuje glede na vrsto proizvodnje.
- **Operativni stroški** so med posameznimi vrstami različni, predvsem zaradi razhajanj v stroških dela, ki se razlikujejo glede na uporabljene urne tarife. To je posledica nizke stopnje mehanizacije in avtomatizacije v sektorju, zaradi česar proizvodnja ostaja delovno intenzivna.
- **Predelava insektov** ponuja številne priložnosti, saj omogoča ekstrakcijo bioaktivnih spojin, kot so lipidi, beljakovine in hitin, ki imajo visoko tržno vrednost in se uporabljajo v prehranski, kozmetični, farmacevtski ter tekstilni industriji.
- **Razvoj trga** bo imel ključno vlogo pri prihodnosti vzreje žuželk. Kljub velikemu potencialu sektor še vedno omejujejo številni pravni in regulativni dejavniki.
- **Stroški dela** predstavljajo najpomembnejši stroškovni dejavnik, saj negotovost v panogi zavira naložbe v avtomatizacijo.
- **Prodajni kanali** so trenutno omejeni, kar omejuje širitev trga.

- **Dobiček pri vzreji in razmnoževanju** znaša 1.087 € oziroma 781 € na tono svežega proizvoda.
- **Verjetnost poslovanja z izgubo** pri rejnih farmah znaša 3,1 %.
- **Donosnost sredstev** je ocenjena na 50 % pri vzreji in 289 % pri rejah.

Na podlagi trenutne finančne analize črna bojevnika muha (*H. Illucens*) predstavlja obetaven dolgoročni potencial v biotehnološkem in prehranskem sektorju. Vendar pa bo za zagotavljanje stabilne donosnosti potrebno dodatno optimizirati stroške in razširiti prodajne poti.

Pravna in regulatorna izvedljivost

Zakonodajni okvir Evropske unije (EU) je že prepoznal potencial žuželk kot prehranskega vira in vira živalske krme, vendar so pogoji njihove proizvodnje, trženja in uporabe strogo regulirani. EU zakonodaja postavlja jasne standarde in omejitve, ki morajo biti upoštevani pri vstopu tega sektorja na trg.

Priložnosti za uporabo žuželk v prehrani in krmi

Zaradi naraščajočega povpraševanja po beljakovinah, ki bo do leta 2030 povzročilo pomanjkanje do 60 milijonov ton beljakovin, so žuželke učinkovita rešitev. Organizacija FAO poudarja, da so žuželke okolju prijazna alternativa mesnim beljakovinah, saj njihova proizvodnja zahteva manjšo porabo vode, zemlje in krme, obenem pa ustvarja manj emisij toplogrednih plinov. V skladu z Uredbo (EU) 2015/2283, ki obravnava odobritve novih živil, lahko žuželke, ki ustrezajo evropskim standardom, pridobijo dovoljenje za uporabo v prehrani ljudi, pri čemer so dokumenti o varnosti izdelka bistvenega pomena.

Glavni zakonodajni pogoji in omejitve

- **Zahteve glede higiene in sledljivosti (Uredba št. 178/2002 in 852/2004):** proizvajalci žuželk morajo zagotoviti sledljivost skozi celoten proizvodni proces in izpolnjevati visoke higienske standarde. Potrebna je registracija dejavnosti pri nacionalnih organih, kar lahko predstavlja izziv za nove proizvajalce v sektorju.
- **Dovoljeni substrati za krmljenje žuželk (Uredba št. 1069/2009 in 142/2011):** substrati, s katerimi so žuželke krmljene, morajo biti rastlinskega izvora, z omejenimi dovoljenimi materiali živalskega izvora (kot so mleko, jajca, med). Omejitev na naravne vire krme zagotavlja varnost, vendar dodatno omejuje dostopnost substratov, kar lahko poveča proizvodne stroške.
- **Zdravstvena varnost in biovarnost (Uredba št. 2016/429):** proizvajalci morajo zagotoviti, da so žuželke v dobrem zdravstvenem stanju, s čimer se zmanjša tveganje za bolezni in okužbe. To zahteva natančne biovarnostne ukrepe, katerih vzpostavitev povečuje začetne investicije.
- **Nove vrste živil (Uredba 2015/2283):** žuželke, ki v EU niso bile uporabljene pred letom 1997, morajo skozi postopek odobritve kot nova živila. Predložitev obsežnih podatkov o varnosti za vsako novo vrsto žuželk zahteva precejšen finančni vložek, kar lahko predstavlja oviro za manjša podjetja.

Omejitve in izzivi

- **Trženjske omejitve (Uredba 178/2002 in 1069/2009):** zakonodaja ne dovoljuje uporabe substratov iz gostinskih odpadkov ali živalskega gnoja za hranjenje žuželk, kar preprečuje reciklažo organskih odpadkov v proizvodnji hrane za žuželke. To omejuje dostopne vire krme in lahko omeji stroškovno učinkovitost.
- **Geografska regulacija in dostop na trg (Uredba 2017/625):** uvozi žuželk iz tretjih držav so dovoljeni le, če so izpolnjeni strogi higienski pogoji in če država izvora ustreza EU

standardom. Ti pogoji so lahko omejujoči za tretje države, kjer bi bila proizvodnja cenejša, kar potencialno vpliva na stroške proizvodnje v EU.

- **Dobro počutje živali (Direktiva 98/58/ES):** trenutno EU zakonodaja ne zahteva posebne zakonodaje za zaščito žuželk v proizvodnji, kar omogoča prožnost pri načinu gojenja in praksah krmljenja. Če bi v prihodnosti zakonodaja vključila žuželke pod zakon o dobrem počutju živali, bi lahko to pomenilo dodatne stroške za proizvajalce.

Prognoze za prihodnost

V prihodnjih letih se pričakuje večja vključenost žuželk kot vir beljakovin v EU, predvsem zaradi:

- **Povečanega povpraševanja po trajnostnih virih beljakovin** zaradi rastočega prebivalstva in omejitev tradicionalne proizvodnje mesa.
- **Razvoja tržnih priložnosti za predelane beljakovine iz žuželk**, kar odpira nove sektorje v proizvodnji krme za prašiče, perutnino in druge vrste živali (Uredba 2021/1372).
- **Nove raziskave o substratih in razširjene metode predelave**, ki bi lahko omogočile uporabo večje raznovrstnosti substratov za krmo in zmanjšanje stroškov proizvodnje.
- **Potencialna prilagoditev zakonodaje** glede na ugotovitve raziskav in prakse v industriji, kar bi lahko omililo omejitve uporabe odpadnih substratov za krmljenje žuželk.

Kljub obstoječim zakonodajnim omejitvam predstavlja uporaba žuželk kot beljakovinskega vira v EU pomembno priložnost za trajnostno prehransko oskrbo. Proizvajalci bodo morali investirati v izpolnjevanje strogih higienskih, sledljivostnih in okoljskih standardov ter zagotoviti obsežne raziskave za pridobitev dovoljenj za trženje novih vrst živil. Zaradi teh zahtev bodo proizvodni stroški verjetno ostali visoki, dokler zakonodaja ne omogoči večje fleksibilnosti pri uporabi substratov, kar bi lahko izboljšalo konkurenčnost sektorja na globalni ravni.

Organizacijska izvedljivost

Organizacijska struktura za proizvodnjo insektnih beljakovin s črno bojovniško muho (*Hermetia illucens*) mora biti zasnovana na način, ki omogoča nemoteno, učinkovito, varno in trajnostno operativnost. Glede na kompleksnost postopkov v proizvodnji insektnih beljakovin je pomembno, da je struktura hierarhično zasnovana in vključuje jasno definirane vloge ter odgovornosti za vsak oddelek. S tem se olajša spremljanje procesov, zagotovi kakovost in varnost ter omogoči hitro prilagajanje trgu.

Ključni oddelki v organizacijski strukturi

Oddelek za vzrejo insektov

Ta oddelek je odgovoren za vzdrževanje optimalnih pogojev za rast črnih bojovniških muh in proizvodnjo insektna biomase. Ker vzreja zahteva specifične pogoje, kot so nadzor temperature, vlažnosti, osvetlitve in dostopa do substratov, mora oddelek zaposlovati strokovnjake za biologijo

in biotehnologijo. Vzreja insektov zahteva nadzor nad zdravstvenim stanjem kolonij, s čimer se preprečuje morebitna kontaminacija in zagotavlja varnost končnih produktov.

Ta oddelek se lahko dodatno razdeli na manjše enote za:

- **Vzrejo ličink:** Enota, ki nadzoruje pogoje za optimalno rast ličink, vključujoč uravnavanje hranil in pogojev za maksimalno proizvodnjo biomase.
- **Obdelavo in sušenje biomase:** Enota, odgovorna za sušenje in shranjevanje pridobljene biomase, ki se nato predela v beljakovinske koncentrate ali druge produkte.

Oddelek za raziskave in razvoj (R&D)

R&D oddelek je ključen za inovacije v proizvodnji in optimizacijo postopkov. Naloge vključujejo iskanje novih substratov, razvoj učinkovitih metod vzreje in izboljšanje produktov. Poleg tega ta oddelek raziskuje možne aplikacije končnih produktov (npr. Za živalsko krmo ali celo prehrano ljudi), izboljšuje kakovost in testira nove tehnološke rešitve. Zaposleni v tem oddelku morajo imeti strokovno znanje s področij biotehnologije, kemije, okoljske znanosti in živilske tehnologije.

Oddelek za logistiko

Oddelek za logistiko upravlja oskrbo s substrati, transport biomase in distribucijo končnih produktov. Pomemben del njihove naloge je zagotavljanje nenehne dobave organskih substratov, ki so potrebni za vzrejo insektov, hkrati pa tudi učinkovito razpošiljanje končnih produktov kupcem. Logistika se mora prilagoditi nihanju potreb in cen organskih substratov na trgu ter poskrbeti za optimalne poti in načine transporta, kar prispeva k zmanjšanju ogljičnega odtisa.

Oddelek za nadzor kakovosti (Quality Assurance - QA)

QA oddelek zagotavlja, da vsi procesi ustrezajo zakonskim in kakovostnim standardom. Oddelek vzpostavi in izvaja nadzor kakovosti pri vzreji insektov, obdelavi biomase in distribuciji produktov. Njihova naloga je tudi spremljanje morebitnih tveganj, ki bi lahko vplivala na varnost končnih produktov. QA oddelek mora izvajati redne analize surovin in končnih produktov, razviti protokole za preprečevanje kontaminacije in nadzorovati pogoje v proizvodnih enotah.

Prodaja in marketing

Prodajna in marketinška ekipa ima ključno vlogo pri trženju produktov, iskanju novih tržnih priložnosti in razvoju strategij za povečanje prodaje. Oddelek se ukvarja z razvojem blagovne znamke in strategijami za vzbujanje zanimanja potrošnikov, saj je uporaba insektnih beljakovin v prehrani (tako ljudi kot živali) še vedno razmeroma nova. Pri tem je pomembno upoštevati kulturne in regulativne dejavnike, ki vplivajo na sprejetje teh produktov. Ekipa mora biti seznanjena z zakonodajo glede prodaje tovrstnih produktov ter usmerjati trženje glede na ciljne trge (na primer krma za živali ali prehrana ljudi).

Metode nenehnega izboljševanja procesov

Uvedba metod nenehnega izboljševanja, kot je *lean manufacturing*, omogoča natančno spremljanje proizvodnih procesov in optimizacijo delovnih postopkov, kar prispeva k povečanju učinkovitosti. Metode, kot so analiza in zmanjševanje izgub (v času, energiji, materialih), lahko pomagajo prepoznati neučinkovite postopke in zmanjšajo operativne stroške. To vključuje:

- **Redno ocenjevanje procesov** in prilagajanje na podlagi povratnih informacij.
- **Implementacijo merilnikov učinkovitosti (KPI)** za spremljanje uspešnosti in pravočasno reševanje morebitnih odstopanj.
- **Avtomatizacija proizvodnje**, kjer je to možno, da se zmanjša odvisnost od ročnega dela, izboljša natančnost in poveča hitrost.

Nenehno izboljševanje procesov omogoča, da se struktura prilagodi potrebam trga in omogoča vključevanje novih tehnoloških rešitev, kar je ključno za vzdrževanje konkurenčnosti in trajnostnega pristopa.

Prilagodljivost in tehnološke nadgradnje

Organizacijska struktura mora biti zasnovana tako, da omogoča prilagodljivost in vključevanje novih tehnologij, kot so napredni sistemi za spremljanje mikroklima, avtomatizirani sistemi za hranjenje in spremljanje zdravstvenega stanja kolonij. Prilagodljivost je še posebej pomembna, saj bo verjetno potrebno prilagajanje strukture zaradi sprememb zakonodaje ali rasti povpraševanja. Oddelek za raziskave in razvoj mora biti tesno povezan z oddelkom za vzrejo, saj lahko inovacije v R&D oddelku hitro implementiramo v proizvodni proces.

Pomemben vidik prilagodljivosti je tudi sposobnost hitrega prehoda na alternativne vire substratov, kar zmanjšuje tveganje prekinitev v oskrbovalni verigi. Tehnološki napredek in stalna inovacija omogočata optimizacijo teh prilagoditev.

Jasno definirana in hierarhična organizacijska struktura je ključna za uspešno proizvodnjo insektnih beljakovin na industrijskem nivoju. Z vključitvijo ključnih oddelkov, natančno določenimi odgovornostmi in metodami za stalno izboljševanje se projekt lahko prilagaja tržnim potrebam, tehničnim inovacijam in okoljskim zahtevam. Takšna struktura omogoča učinkovito, varno in trajnostno proizvodnjo, ki lahko zadosti povpraševanju ter izpolnjuje okoljske in regulativne standarde.

Za uspešno vzpostavitev in delovanje proizvodnega obrata za insektne beljakovine je treba natančno definirati ključne kadrovske profile in potrebna usposabljanja. Vsaka vloga zahteva specifična znanja in izkušnje, zato je kadrovska strategija usmerjena v pridobivanje talentov z interdisciplinarnimi sposobnostmi, ki lahko zagotovijo visoke standarde kakovosti, učinkovitost proizvodnje in usklajenost s predpisi. Prilagojeno usposabljanje za različne vloge bo bistveno prispevalo k dolgoročni uspešnosti in trajnostnemu razvoju podjetja.

Ključni profili kadrov in njihove naloge

1. Biotehnologi in biologi

Biotehnologi in biologi so ključni za vzrejo insektov in določanje optimalnih pogojev za njihovo rast. Njihove naloge vključujejo:

- Razvoj in prilagajanje vzrejnih protokolov glede na pogoje substrata in specifične potrebe črne bojevniske muhe.
- Nadzor nad biomaso ter nadzor pogojev, kot so temperatura, vlažnost, osvetlitev in hranila.

- Spremljanje zdravstvenega stanja kolonij in preventivno ravnanje za preprečevanje bolezni ali kontaminacij.

Zaradi zahtevnosti nalog so potrebna visoka znanja s področij mikrobiologije, entomologije in biotehnologije, da bi lahko zagotavljali stalno visoko kakovost proizvodnje biomase.

2. Kmetijski strokovnjaki

Kmetijski strokovnjaki imajo ključno vlogo pri vzpostavljanju sodelovanja s kmetijami, ki bodo prispevale organske substratne vire. Njihove naloge so:

- Upravljanje in koordinacija oskrbe s substrati, vključno z nadzorom kakovosti in varnosti.
- Vzpostavljanje sodelovanja s kmetijami in ocenjevanje različnih substratov glede na njihove hranilne in okoljske lastnosti.
- Razvijanje načrtov za integracijo lokalnih odpadnih virov v proizvodni proces.

Strokovnjaki na tem področju morajo imeti izkušnje s kmetijstvom, poznavanjem lokalnih virov in optimizacijo oskrbovalne verige.

3. Strokovnjaki za nadzor kakovosti (Quality Assurance)

QA strokovnjaki so odgovorni za vzdrževanje standardov kakovosti in zagotavljanje skladnosti s predpisi, kar je ključnega pomena za zaupanje v produkt. Njihove naloge vključujejo:

- Redne preglede in testiranja substratov, insektne biomase in končnih produktov.
- Vzpostavitev protokolov za preprečevanje kontaminacije ter usklajevanje z zakonodajnimi smernicami glede varnosti in higiene.
- Uvedbo sistema nadzora kakovosti (npr. HACCP), ki zagotavlja skladnost z mednarodnimi standardi za prehransko varnost.

4. Strokovnjaki za logistiko in oskrbovalno verigo

Za zagotavljanje nenehnega pretoka substratov in distribucije končnih produktov je potreben izkušen logistični oddelek. Njihove naloge vključujejo:

- Upravljanje oskrbovalne verige, kar vključuje nabavo substratov, skladiščenje, transport in distribucijo.
- Učinkovito načrtovanje in optimizacija transportnih poti za zmanjšanje ogljičnega odtisa.
- Vzdrževanje zalog in usklajevanje z oddelkom za vzrejo insektov, da zagotovijo stabilnost oskrbe brez presežkov ali pomanjkanja surovin.

5. Prodajna in marketinška ekipa

Ta ekipa ima nalogo povezati podjetje s trgom in zagotoviti, da produkti dosežejo ciljno publiko. Njihove glavne naloge so:

- Razvoj marketinških strategij za izobraževanje potrošnikov o prednostih insektnih beljakovin in gradnja blagovne znamke.
- Raziskave trga in identificiranje novih prodajnih priložnosti ter vzpostavljanje distribucijskih kanalov.
- Sodelovanje z regulativnimi organi in raziskovanje tržnih ovir ter njihovo odpravljanje.

Marketinška ekipa mora biti strokovno usposobljena za učinkovito komuniciranje vrednosti produkta in premagovanje kulturnih ali regulativnih ovir, povezanih z uporabo insektov kot virov beljakovin.

Program usposabljanja in nenehno izobraževanje

Zaradi specifičnosti področja in zahtev po visoki kakovosti so usposabljanja za vse kadre ključnega pomena. Priporočena področja usposabljanja vključujejo:

- **Standardi za ravnanje z odpadki:** Poudarek na pravilnem ravnanju z različnimi vrstami substratov in ravnanju z odpadki.
- **Varnost pri delu z biomaso in higiena:** Program varnosti vključuje ukrepe za zagotavljanje varnosti delavcev ter preprečevanje morebitnih tveganj za kontaminacijo biomase.
- **Standardi kakovosti in zakonodaja:** Še posebej za QA strokovnjake je pomembno, da so seznanjeni z nacionalnimi in mednarodnimi standardi ter da znajo implementirati postopke za zagotavljanje kakovosti.
- **Komunikacija in mehke veščine:** Usposabljanja za prodajno ekipo bi morala vključevati komunikacijske veščine in poznavanje kulturnih razlik, da bodo lahko učinkovito promovirali produkt na različnih trgih.

Program nenehnega izobraževanja bi moral vključevati tudi spremljanje novih trendov in tehnologij v industriji insektnih beljakovin, razvoj novih metod vzreje in obdelave biomase ter redna usposabljanja za vse kadre glede izboljšanja učinkovitosti in trajnostne naravnosti.

Za uspešno obratovanje proizvodnega obrata so potrebni strokovni kadri, usposobljeni za specifične naloge, ki zagotavljajo uspešnost celotne proizvodne verige. Z dobro premišljeno strategijo zaposlovanja, prilagojenimi usposabljanji ter programom nenehnega izobraževanja se zagotovi dolgoročna stabilnost in rast podjetja ter omogoči hitro prilagajanje na tržne in tehnološke spremembe.

Vloga kmetij in pilotnih projektov

Vloga kmetij in pilotnih projektov pri projektu vzreje črne bojevniške muhe (*Hermetia illucens*) je ključna za vzpostavitev stabilne oskrbovalne verige, trajnostne prakse in pridobitev dragocenih podatkov pred razširitvijo na industrijsko raven. Kmetije so pomembne kot dobaviteljice substratov in kot vzrejne lokacije, kjer poteka proizvodnja v bližini surovin, kar zmanjšuje stroške in vpliv na okolje. Pilotni projekti na kmetijah omogočajo preizkušanje procesov v realnih pogojih, prilagajanje metodologij in zbiranje podatkov, ki bodo oblikovali dolgoročno strategijo za večji obseg.

Ključna vloga kmetij kot dobaviteljic substratov

Kmetije imajo bistveno vlogo pri dobavi substratov, ki so ključni za prehrano in rast črnih bojevniških muh. Uporaba organskih substratov, kot so ostanki poljščin, sadja, zelenjave in druge vrste bioloških odpadkov, omogoča vzrejo insektov na trajnosten način in s tem podpira krožno gospodarstvo. Ker so različni substrati različno primerni za vzrejo, je ključnega pomena, da vsaka kmetija natančno oceni svoje zmožnosti glede na vrsto in količino odpadkov, ki jih lahko zagotovi.

Pri dobavi substratov s kmetij je pomembno upoštevati naslednje vidike:

1. Raznolikost in ustreznost substratov

Substrati, kot so kmetijski odpadki, imajo različno hranilno vrednost in sestavo, kar vpliva na rast in kakovost insektne biomase. Vsaka kmetija mora oceniti raznolikost svojih odpadkov in njihovo hranilno vrednost. Prednost je uporaba tistih substratov, ki so lokalno dostopni in bogati s hranili, kot so ogljikovi hidrati in beljakovine, saj spodbujajo optimalno rast insektov.

2. Zagotavljanje kakovosti in varnosti substratov

Kakovost substratov neposredno vpliva na kakovost končne insektne biomase. Kmetije morajo zagotoviti, da so substrati varni, brez kontaminantov in ustrezajo predpisom. Za zagotavljanje skladnosti s standardi kakovosti in varnosti je priporočljivo vzpostaviti sistem nadzora, ki vključuje redno analizo vhodnih substratov, da se prepreči vnos škodljivih snovi v proizvodni proces.

3. Logistika transporta in skladiščenja substratov

Organizacija transporta substratov je pomembna za preprečevanje kvarjenja in zagotavljanje kakovostnega materiala. Substrati, ki se uporabljajo za vzrejo insektov, morajo biti sveži in primerno shranjeni. Vzpostaviti je treba učinkovite logistične rešitve, ki omogočajo hitro dostavo substratov na vzrejne lokacije. To lahko vključuje transportne pogodbe ali uporabo lastnih transportnih sredstev, s čimer se zagotovi nenehno oskrbo in zmanjša potreba po dodatnem skladiščenju.

Vloga kmetij kot vzrejnih lokacij

Kmetije se lahko vključijo kot decentralizirane vzrejne lokacije za črno bojevniško muho, kar ima več prednosti. S tem se zmanjša potreba po centraliziranih obratih, kar zniža logistične stroške in ogljični odtis ter poveča prilagodljivost sistema na spremembe v povpraševanju in ponudbi

substratov. Vsaka kmetija lahko s pravilno prilagoditvijo infrastrukture postane vzrejni center, kar spodbuja lokalno proizvodnjo beljakovin in podpira trajnostne kmetijske prakse.

Prednosti vzreje insektov na kmetijah vključujejo:

1. Lokalna proizvodnja in uporaba bioloških odpadkov

Z vključitvijo kmetij kot vzrejnih lokacij se omogoči neposredna uporaba lokalno pridelanih substratov. To zmanjša potrebo po transportu in s tem poveča ekonomičnost celotnega sistema. Vzreja na kmetijah prispeva tudi k zmanjšanju odpadkov, saj kmetije lahko uporabljajo svoje odpadne materiale za vzrejo insektov, kar spodbuja kroženje hranil v kmetijskem okolju.

2. Optimizacija oskrbe s substrati

Kmetije, ki vzrejajo insekte, lahko neposredno upravljajo oskrbo s substrati, kar zmanjšuje težave z dostopnostjo in logistiko. Uporaba kmetijskih odpadkov na kraju samem zmanjša logistične zahteve in zmanjša stroške, povezane s pridobivanjem substratov. Kmetije lahko prilagajajo količino substratov glede na sezonske spremembe, kar omogoča večjo prilagodljivost v sistemu vzreje.

3. Razvoj infrastrukture za vzrejo

Kmetije bodo morda potrebovale prilagoditev svoje infrastrukture, da bi omogočile vzrejo insektov. To vključuje vzpostavitev nadzora nad mikroklimo, ki vključuje regulacijo temperature, vlažnosti in osvetlitve, ter zagotavljanje ustreznih prostorov za vzrejo in obdelavo biomase. Razvoj takšne infrastrukture v sodelovanju s kmetijami in pilotnimi projekti omogoča zbiranje podatkov o učinkovitosti in varnosti postopkov, kar bo pripomoglo k prilagoditvi večjih obratov v prihodnosti.

Pilotni projekti: testiranje, prilagoditev in zbiranje podatkov

Pilotni projekti na izbranih kmetijah so nepogrešljivi za preizkušanje učinkovitosti različnih substratov, metodologij vzreje insektov in logističnih rešitev v realnem okolju, preden se projekt razširi na večje obrate. Cilj pilotnih projektov je zmanjšati tveganja pri širšem uvajanju, pridobiti zanesljive podatke in optimizirati procese na podlagi praktičnih rezultatov.

1. Zbiranje in analiza podatkov o učinkovitosti

Pilotni projekti omogočajo sistematično zbiranje podatkov o različnih substratih, pogojih vzreje in logistiki. Podatki o učinkovitosti substratov, kot so rastne stopnje insektov in kakovost biomase, so ključni za optimizacijo proizvodnih procesov. Redno spremljanje omogoča prepoznavanje najboljših praks, kar izboljša dolgoročno učinkovitost in konkurenčnost.

2. Ocena vpliva na kmetijske prakse in okolje

Vzreja insektov na kmetijah lahko vpliva na druge kmetijske dejavnosti, zato je pomembno oceniti, kako se vzreja vključi v obstoječe prakse, ter morebitne vplive na tla, vodo in lokalno okolje. S pilotnimi projekti je mogoče ugotoviti, ali vzreja insektov vpliva na

kvaliteto tal ali zahteve po vodi in kako vpliva na biodiverzitetu. Ocena vpliva omogoča, da se vzreja prilagodi na način, ki čim manj obremenjuje okolje in je hkrati trajnostna.

3. Testiranje logističnih rešitev

Pilotni projekti omogočajo testiranje različnih logističnih rešitev za transport in skladiščenje substratov in končnih produktov. Učinkovita logistika je ključnega pomena za uspeh večjih obratov, saj je potrebno zagotavljati stalno oskrbo s substrati in hitro dostavo končnih produktov trgu. Pilotni projekti pomagajo oceniti, katere logistične metode so najbolj učinkovite in kako zmanjšati stroške, povezane s transportom.

4. Pridobivanje tržnih vpogledov in prilagajanje poslovnega modela

S pilotnimi projekti je mogoče pridobiti prve odzive trga, kar omogoča prilagajanje poslovnega modela. Povratne informacije s trga, kot so zanimanje potrošnikov, cena in kakovost izdelkov, pomagajo pri nadaljnji prilagoditvi poslovne strategije. Na podlagi pilotnih projektov se lahko razvije strategija za širši trg, ki upošteva posebnosti lokalnega trga in potrebe različnih skupin potrošnikov.

Kmetije in pilotni projekti so bistvenega pomena za vzpostavitev trajnostne in učinkovite proizvodne verige za insektne beljakovine. Kmetije, kot dobaviteljice substratov in kot decentralizirane vzrejne lokacije, omogočajo uporabo lokalnih virov, zmanjšanje stroškov in vpliva na okolje. Pilotni projekti pa zagotavljajo dragocene podatke o učinkovitosti, vplivu na kmetijsko okolje in tržnih vpogledih, kar omogoča optimizacijo postopkov in zmanjšanje tveganj pred uvedbo večjih obratov. S sistematičnim pristopom k vključevanju kmetij in izvajanju pilotnih projektov se projekt usmeri k trajnostnim rešitvam, ki podpirajo krožno gospodarstvo, lokalno proizvodnjo in trajnostno uporabo naravnih virov.

Sodelovanje z raziskovalnimi inštitucijami in strokovnjaki

Sodelovanje z raziskovalnimi inštitucijami in strokovnjaki je ključni steber za uspešno implementacijo projekta vzreje insektnih beljakovin, saj prispeva k hitrejšemu tehnološkemu napredku, reševanju specifičnih izzivov in povečanju konkurenčne prednosti na trgu. Raziskovalne inštitucije lahko zagotavljajo znanstveno podlago za optimizacijo procesov, razvoj novih tehnologij in izboljšanje učinkovitosti, kar omogoča hitrejše in zanesljivejše reševanje kompleksnih problemov. Sodelovanje z univerzami in inštituti odpira vrata tudi za vključevanje talentiranih študentov in raziskovalcev, ki lahko prispevajo k raziskavam in implementaciji inovativnih rešitev.

Ključna področja sodelovanja z raziskovalnimi inštitucijami

1. Raziskave o prehranski vrednosti insektov

Prehranska vrednost insektov, kot so beljakovine, maščobe, vitamini in minerali, je temeljna za upravičenje uporabe insektnih beljakovin v krmi ali hrani za ljudi. Raziskovalne inštitucije lahko opravijo podrobne analize sestave insektne biomase in primerjajo njeno vrednost z drugimi konvencionalnimi viri beljakovin. S tem se lahko prilagodijo procesi vzreje, da se doseže optimalna hranilna vrednost biomase. Sodelovanje na tem področju

zagotavlja, da se končni produkti iz insektov odlikujejo po visoki hranilni vrednosti in ustrezajo zahtevam za prehrano živali ali ljudi.

2. Iskanje in raziskava alternativnih substratov

Raziskovalne institucije lahko prispevajo k iskanju in oceni novih substratov, ki bi bili učinkoviti, trajnostni in dostopni za vzrejo insektov. Preizkušanje novih substratov, kot so različni kmetijski odpadki ali industrijski stranski produkti, omogoča oceno njihove hranilne vrednosti in vpliva na rast insektov. Prav tako raziskave pomagajo prepoznati morebitne negativne vplive substratov in razviti protokole za njihovo varno uporabo, kar zmanjšuje tveganja za kontaminacijo in zagotavlja skladnost s standardi kakovosti.

3. Optimizacija vzreje in izboljšanje metodologij

Raziskave o optimalnih pogojih za rast in razmnoževanje črnih vojakovih muh so ključne za povečanje učinkovitosti vzreje. Raziskovalne institucije lahko testirajo različne pogoje, kot so temperatura, vlažnost, sestava substrata in pogostost hranjenja, ter tako pomagajo prilagoditi in izboljšati vzrejni proces. Sodelovanje na tem področju omogoča hitrejšo optimizacijo postopkov in razvoj novih tehnologij, ki povečajo produktivnost in zmanjšajo stroške.

4. Analiza vplivov na okolje

Insektna vzreja se pogosto promovira kot okoljsko trajnostna alternativa, vendar je pomembno pridobiti zanesljive podatke o dejanskih vplivih na okolje. Raziskovalne institucije lahko analizirajo okoljske kazalnike, kot so emisije toplogrednih plinov, poraba vode in energije ter vpliv na biodiverzitetu. Na podlagi teh raziskav je mogoče razviti metode za zmanjšanje negativnih vplivov na okolje in vzpostaviti trajnostne prakse, ki izboljšujejo ekološki odtis celotnega sistema.

Oblike sodelovanja z raziskovalnimi institucijami

1. Skupni projekti in pilotne študije

Skupni projekti in pilotne študije omogočajo, da raziskovalne institucije prispevajo svoje znanje in vire, kot so laboratoriji, raziskovalna oprema in usposobljeni kadri. Ti projekti so lahko usmerjeni v specifične raziskovalne cilje, kot so testiranje novih substratov, optimizacija mikroklimatskih pogojev ali razvoj novih tehnologij za obdelavo biomase. Pilotne študije omogočajo preverjanje rešitev v manjšem obsegu, preden se uvedejo na industrijski ravni, kar zmanjša tveganja in omogoča prilagoditve na podlagi praktičnih rezultatov.

2. Dostop do opreme in raziskovalnih zmogljivosti

Raziskovalne institucije razpolagajo s specializirano opremo in laboratoriji, ki so bistveni za razvoj in izboljšavo postopkov. Na primer, analize laboratorije za preverjanje kemične in mikrobiološke sestave substratov in biomase je mogoče uporabiti za ugotavljanje kakovosti in varnosti produktov. Dostop do napredne raziskovalne opreme omogoča hitrejšo in natančnejšo raziskavo, kar prispeva k izboljšavi celotnega proizvodnega procesa.

3. Izmenjava znanja in prenosi tehnologij

Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami omogoča prenos najnovejših znanstvenih spoznanj in tehnologij v prakso. Raziskovalci lahko razvijejo nove metode ali tehnologije, ki jih je nato mogoče implementirati v proizvodnjo, kar izboljša učinkovitost in konkurenčnost. Prav tako omogoča dostop do strokovnega znanja na področjih, kot so biotehnologija, prehranska znanost in okoljske študije, kar je pomembno za nenehno izboljševanje proizvodnih postopkov.

4. Vključevanje študentov in usposabljanje kadrov

Sodelovanje z univerzami omogoča vključevanje študentov in mladih raziskovalcev v projekt kot pripravnike ali raziskovalce. To sodelovanje je koristno, saj zagotavlja dostop do kvalificiranih kadrov, ki lahko prispevajo k raziskavam, hkrati pa pridobijo dragocene praktične izkušnje. Študenti in mladi raziskovalci prinašajo sveže ideje in inovativne pristope, kar je lahko koristno za raziskovanje novih rešitev in pristopov.

Prednosti sodelovanja z raziskovalnimi institucijami in strokovnjaki

1. Povečanje tehnološkega in inovacijskega potenciala

Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami omogoča dostop do najnovejših znanstvenih in tehnoloških dosežkov, kar povečuje inovacijski potencial projekta. Razvoj novih tehnologij, kot so napredne metode obdelave biomase ali avtomatizacija proizvodnih procesov, lahko pomembno prispeva k povečanju produktivnosti in zmanjšanju stroškov.

2. Izboljšana konkurenčnost na trgu

S podporo raziskovalnih institucij je mogoče ustvariti produkte, ki se po kakovosti, hranilni vrednosti in trajnosti razlikujejo od konkurence. S tem se povečajo možnosti za tržni uspeh, saj so produkti inovativni, okolju prijazni in podprti z znanstveno podprtimi podatki, kar krepi zaupanje potrošnikov in tržnih partnerjev.

3. Lažji dostop do financiranja

Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami in strokovnjaki odpira priložnosti za pridobivanje finančne podpore prek raziskovalnih programov in projektov, ki jih financirajo države ali evropske institucije. To sodelovanje omogoča prijavo na razpise za raziskovalna sredstva in evropske projekte, ki spodbujajo inovacije in trajnostni razvoj. S pridobitvijo sredstev se lahko zmanjšajo finančna tveganja in povečajo možnosti za nadaljnji razvoj projekta.

4. Varnost in skladnost s predpisi

Z vključevanjem strokovnjakov in raziskovalnih institucij je mogoče zagotoviti skladnost s predpisi, kar je še posebej pomembno v panogi, ki vključuje prehrano ljudi ali živali. Raziskave na področju varnosti substratov, nadzora kakovosti in mikrobioloških tveganj omogočajo, da se vzpostavijo standardi, ki zagotavljajo varnost končnih produktov. S tem se poveča možnost za pridobitev ustreznih certifikatov in dovoljenj, kar je ključnega pomena za uspešno trženje.

Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami in strokovnjaki predstavlja strateški korak k razvoju uspešnega in trajnostnega projekta za vzrejo insektnih beljakovin. S podporo znanstvenih raziskav

in inovacij je mogoče hitreje optimizirati postopke, pridobiti zanesljive podatke o učinkovitosti in trajnosti ter zmanjšati tveganja. Takšno sodelovanje omogoča tudi vključevanje novih tehnologij in razvoj visokokakovostnih produktov, kar izboljšuje konkurenčnost in odpira vrata za širši dostop do financiranja. Vključitev študentov in raziskovalcev v projekte dodatno krepi razvoj kadrov in omogoča dostop do svežih idej, kar bo dolgoročno prispevalo k uspehu in razvoju panoge insektnih beljakovin.

Kritična ocena organizacijske izvedljivosti projekta insektne biokonverzije s črno bojovniško muho (*Hermetia illucens*) poudarja tako ključne prednosti kot izzive, s katerimi se bo treba soočiti, da bi uspešno implementirali tovrstno proizvodnjo. Upoštevanje ključnih točk organizacijske strukture, potrebnih kadrov, vključevanja kmetij in pilotnih projektov ter sodelovanja z raziskovalnimi inštitucijami nam omogoča celosten pogled na možnosti in omejitve.

Ocena organizacijske izvedljivosti

Struktura in organizacija proizvodnje: Pregled prednosti, izzivov in izvedljivosti

Prednosti: Jasna in hierarhična organizacijska struktura, ki vključuje specifične oddelke za vzrejo insektov, raziskave in razvoj, logistiko, nadzor kakovosti ter prodajo in marketing, je ključna za učinkovito in varno obratovanje. Taka struktura omogoča hitro prilagajanje, optimizacijo procesov in zagotavlja boljše nadzorovanje kakovosti.

Izzivi: Vzpostavitev tako razvejane organizacijske strukture zahteva visoke začetne stroške in intenzivno načrtovanje, zlasti če je podjetje novo v panogi. Za učinkovito organizacijo proizvodnje je potrebna tudi prilagodljivost, saj gre za relativno novo industrijo, kjer so še vedno potrebne izboljšave.

Izvedljivost: Implementacija organizacijske strukture na začetku projekta je izvedljiva, a za večjo uspešnost bo potrebna postopna rast in sprotno prilagajanje. Priporočljivo je, da se začne z osnovnimi strukturami, kot sta oddelek za vzrejo in nadzor kakovosti, in nato širi glede na potrebe in obseg proizvodnje.

Potrebni kadri in usposabljanje: Prednosti, izzivi in izvedljivost

Prednosti: Zaposlitev usposobljenih strokovnjakov za biotehnologijo, kmetijstvo, nadzor kakovosti, logistiko ter marketing omogoča natančno usmerjanje dejavnosti v strokovnih oddelkih. Poleg tehničnega znanja pa so ključne tudi mehke veščine in znanja o specifičnih standardih za ravnanje z odpadki, varnost pri delu z biomaso in higiena, kar bo dolgoročno povečalo učinkovitost delovanja.

Izzivi: Pridobivanje strokovno usposobljenega osebja je lahko težavno, saj je panoga relativno nova in zahteva specifična znanja. Poleg tega je potrebno intenzivno in stalno usposabljanje zaposlenih, kar povečuje stroške in časovno obremenjenost kadrovskih procesov.

Izvedljivost: V kratkem času lahko podjetje pridobi osnoven nabor kadrov, ki so ključni za začetek proizvodnje. Daljša usposabljanja bodo potrebna za kadre, ki bodo delali na specifičnih področjih,

kot so nadzor kakovosti in raziskave. Priporočljivo je začeti z manjšim obsegom proizvodnje in nato postopno širiti ekipo glede na naraščajoče potrebe.

Vloga kmetij in pilotnih projektov: Prednosti, izzivi in izvedljivost

Prednosti: Kmetije so nepogrešljive kot dobaviteljice substratov in potencialne lokacije za vzrejo insektov, kar zmanjšuje logistične stroške in omogoča trajnostno proizvodnjo. Pilotni projekti na kmetijah omogočajo preverjanje metodologij in substratov v realnem okolju, kar zmanjšuje tveganja in optimizira procese.

Izzivi: Uspešna izvedba pilotnih projektov zahteva tesno sodelovanje s kmetijami, kar lahko predstavlja izziv zaradi raznolike prakse in razpoložljivosti virov na kmetijah. Poleg tega je potrebno prilagoditi obstoječo infrastrukturo na kmetijah za vzrejo insektov, kar zahteva dodatne naložbe in usklajevanje.

Izvedljivost: Implementacija pilotnih projektov je izvedljiva v začetni fazi projekta in zagotavlja pomembne povratne informacije. Pri izbiri kmetij je priporočljivo sodelovati s tistimi, ki že imajo ustrezno infrastrukturo ali so pripravljene vlagati v prilagoditve. Če se pilotni projekti izkažejo za uspešne, se lahko model razširi na več kmetij.

Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami in strokovnjaki: Prednosti, izzivi in izvedljivost

Prednosti: Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami prinaša tehnično podporo in omogoča razvoj inovacij, kar povečuje konkurenčnost projekta. Raziskovalne institucije lahko izvajajo analize prehranske vrednosti, testiranje substratov, razvijajo optimizacijske tehnologije in izvajajo okoljske študije, kar izboljšuje varnost in kakovost končnih produktov.

Izzivi: Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami zahteva časovno in finančno zavezo, kar je lahko breme za podjetje, zlasti v začetni fazi. Poleg tega morajo biti sodelovanja usklajena z delovnimi procesi podjetja, kar lahko zahteva dodatno načrtovanje in koordinacijo.

Izvedljivost: Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami je izvedljivo, vendar je najbolje začeti z manjšimi pilotnimi študijami in projekti ter sčasoma razvijati dolgoročne raziskovalne odnose. Partnerstva z raziskovalnimi institucijami omogočajo financiranje raziskovalnih projektov in prijavo na razpise za raziskovalna sredstva, kar zmanjša finančno tveganje in odpira možnosti za nadaljnje raziskave in razvoj.

Celostna ocena organizacijske izvedljivosti

Ključne prednosti:

- **Trajnostna veriga oskrbe:** Vključevanje kmetij in lokalnih substratov zagotavlja trajnostni vir in zmanjšuje ogljični odtis.
- **Dostop do inovacij in tehnologij:** Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami omogoča hiter razvoj tehnologij, ki povečujejo učinkovitost in kakovost proizvodnje.
- **Strokovna podpora:** Pridobitev usposobljenih kadrov in nenehno usposabljanje zagotavljata, da so postopki skladni z varnostnimi in kakovostnimi standardi.

Ključne slabosti in izzivi:

- **Visoki začetni stroški:** Ustanovitev specifičnih oddelkov in vzpostavitev infrastrukture na kmetijah zahteva visoke investicije in dolgotrajno prilagajanje.
- **Dostopnost kadrov in zahtevna usposabljanja:** Ker gre za novo panogo, je izziv najti strokovnjake s specifičnim znanjem, kar zahteva nenehna usposabljanja.
- **Uspešnost pilotnih projektov in prilagajanje infrastrukture:** Uspešno izvajanje pilotnih projektov zahteva prilagajanje infrastrukture na kmetijah, kar lahko predstavlja logistični in finančni izziv.

Insektna biokonverzija ima velik potencial za trajnostno proizvodnjo beljakovin, vendar zahteva natančno načrtovanje, zadostno financiranje in postopno implementacijo, da se doseže uspešna izvedba. Pri organizacijski strukturi je priporočljivo začeti z osnovnimi oddelki in postopno širiti operacije. Pilotni projekti na kmetijah so ključni za zbiranje podatkov in prilagoditev procesov, vendar zahtevajo podporo kmetij in logistično organiziranost. Sodelovanje z raziskovalnimi institucijami ponuja možnost hitrega razvoja tehnologij in zmanjšanje tveganj, čeprav zahteva dolgoročno angažiranost in usklajevanje.

Za uspešno implementacijo projekta je potrebna kombinacija tehničnega znanja, usposobljenih kadrov in tesnega sodelovanja z lokalnimi partnerji. Glede na visoke začetne stroške in kompleksnost je priporočljivo uvajanje projekta v fazah, z nenehnim spremljanjem in prilagajanjem, kar bo omogočilo boljše obvladovanje izzivov in dolgoročno trajnostno uspešnost.

PILOTNI PROJEKT

Pilotni projekt vzpostavitve insektne biokonverzije s črno bojevniško muho je zasnovan kot temelj za dolgoročno vzpostavitev večje proizvodnje, zato je natančna opredelitev ciljev, postopkov, infrastrukture in kazalnikov ključna. Poleg ciljev pilotnega obrata je pomembno zagotoviti konkretne metode za doseg te ciljev, razvoj ustrezne infrastrukture ter postaviti jasne mejnike za spremljanje uspešnosti.

Cilji in obseg pilotnega obrata

Cilj pilotnega obrata je simulirati celoten proizvodni proces na majhnem, obvladljivem obsegu, kar omogoča oceno postopkov in prilagoditev pred širšim uvajanjem. Natančno določeni cilji vključujejo:

- **Vzpostavitev stabilnega oskrbovalnega procesa substratov:** V sodelovanju z lokalnimi kmetijami bo oblikovana dobavna veriga za organske odpadke (kot so ostanki zelenjave, sadja, odpadki iz poljedelstva), ki se bodo uporabili kot substrat za insekte. Dogovoriti se je treba za redno dobavo in vzpostaviti sistem za preverjanje kakovosti substratov, da se preprečijo kontaminacije in ohranijo hranilne vrednosti. Pomembno je vzpostaviti pogodbe s kmetijami, ki zagotavljajo zanesljivost dobave in omogočajo določene prilagoditve glede na sezonske spremembe v vrsti in količini odpadkov.
- **Ocena optimalnih pogojev za vzrejo insektov:** Da bi zagotovili uspešno rast in optimalno pridobivanje biomase črne bojevniške muhe, bodo vzpostavljene kontrolirane vzrejne komore z nastavitvami za optimalno temperaturo (običajno med 25–30°C), relativno vlažnost (med 60–70%) in ustrezno osvetlitev za pospeševanje rasti insektov. Pilotni projekt bo vključeval postopne spremembe teh parametrov, da bi prepoznali optimalne pogoje za različne življenjske faze insektov in zagotovili prilagoditev na potencialne sezonske spremembe. Določili se bodo protokoli za spremljanje parametrov, kar omogoča avtomatizacijo pogojev, kadar je to smiselno.
- **Preizkus postopkov za predelavo in obdelavo biomase:** Pilotni obrat bo vključeval osnovno opremo za predelavo biomase, kot so sušilniki in mlinčki za drobljenje, da se insektna biomasa pretvori v končne beljakovinske produkte. Pomembno je razviti standardizirane postopke za obdelavo biomase, vključno s sušenjem, mletjem in pakiranjem, ki omogočajo maksimalno ohranitev hranilne vrednosti in stabilnost produkta. Ta faza vključuje tudi postopke za nadzor kakovosti končnega produkta, kar vključuje analizo vsebnosti beljakovin, mikrobiološke čistosti in drugih ključnih kazalnikov kakovosti.
- **Merjenje ekonomske učinkovitosti in vrednotenje trajnostnih vplivov:** Pilotni projekt bo vključeval spremljanje stroškov vseh faz, od pridobivanja substratov do vzreje, predelave in pakiranja. Analizirani bodo tudi prihodki in izračunan neto dobiček, da se oceni finančna vzdržnost na večjem obsegu. Vključene bodo trajnostne metrike, kot so

količina porabljene vode, energija, ki je potrebna za vzrejo in predelavo, ter izpust CO₂. Izvedene bodo tudi ocene trajnostnega vpliva, vključno s spremljanjem možnosti ponovne uporabe stranskih produktov, kot je frass, ki se lahko uporablja kot organsko gnojilo.

Za vzpostavitev pilotnega projekta insektne biokonverzije s črno bojevniško muho (*Hermetia illucens*) je pripravljen podroben načrt implementacije, ki vključuje štiri faze z jasno določenimi aktivnostmi, časovnimi okviri in mejniki za spremljanje napredka. Natančna opredelitev vsake faze zagotavlja strukturiran pristop k uvajanju projekta ter omogoča natančno spremljanje in optimizacijo postopkov.

Pripravljalna faza (1–2 meseca)

Cilj pripravljalne faze je zagotoviti vse ključne vire in pripraviti logistično, pravno in operativno osnovo za izvedbo pilotnega projekta. Ta faza vključuje naslednje konkretne aktivnosti:

- **Pridobitev opreme in vzpostavitev infrastrukture:**
 - **Nabava specifične opreme** za vzrejo, predelavo in laboratorijske teste. To vključuje vzrejne enote, kot so mikroklimatske komore z naprednimi sistemi za nadzor temperature, vlažnosti in osvetlitve, ter predelovalna oprema (sušilniki za dehidracijo biomase, mlinčki za drobljenje suhe biomase ter pakirne enote).
 - **Inštalacija in kalibracija opreme:** Tehnična ekipa namesti in preizkusi vse naprave, da se zagotovi pravilno delovanje in natančen nadzor procesnih parametrov. Zanesljivo delovanje opreme je ključno za stabilno vzrejo insektov.
 - **Vzpostavitev laboratorijskega prostora:** Organizacija laboratorija za nadzor kakovosti z osnovno analitično opremo (analizatorji beljakovin, mikroskopi za mikrobiološke analize) za sprotno testiranje substratov, biomase in končnih produktov, kar bo zagotovilo skladnost s standardi.
- **Izbor kmetij za dobavo substratov:**
 - **Izvedba razpisov ali neposredno iskanje** kmetij, ki lahko zagotavljajo primerne organske odpadke, kot so rastlinski, sadni in poljedelski odpadki. Kmetije morajo biti locirane čim bližje pilotnemu obratu za zmanjšanje stroškov in okoljskega odtisa.
 - **Preverjanje kakovosti substratov:** Za vsako izbrano kmetijo se testira vzorec substrata za prisotnost hranil, mikroorganizmov in drugih dejavnikov, ki vplivajo na kakovost vzreje.
 - **Sklenitev pogodbenih dogovorov:** S kmetijami se sklenejo pogodbe o dobavi substratov, ki določajo obseg in pogostost dobave, ter odgovornost za vzdrževanje ustreznih standardov kakovosti.
- **Pravna in regulatorna ureditev**
 - **Pridobitev vseh potrebnih dovoljenj:** Vključuje pridobitev operativnih dovoljenj za vzrejo insektov, dovoljenj za predelavo organskih odpadkov in okoljskih dovoljenj, skladno z lokalno zakonodajo.
 - **Ureditev varnostnih protokolov:** Vzpostavitev dokumentacije za varnost pri delu in protokolov za obvladovanje bioloških tveganj, da se zagotovijo varni pogoji za zaposlene.

- **Razvoj začetnih protokolov za proizvodne faze:**

- **Vzpostavitev operativnih protokolov** za vsako fazo, vključno z dobavo in obdelavo substratov, vzrejo insektov, predelavo biomase in nadzorom kakovosti.
- **Nastavitev KPI-jev** za vsako fazo, kar vključuje spremljanje parametrov, kot so čas rasti insektov, kakovost substratov in čistost končnega produkta.

Vzpostavitev pilotnega obrata (2–4 mesece)

V tej fazi se vzpostavi fizična infrastruktura, postavi osebje ter pripravi operativna zasnova za vzrejo in predelavo insektov.

- **Postavitev vzrejnih komor in mikroklimatskih enot:**

- **Namestitev vzrejnih enot** z ločenimi komorami za različne razvojne faze insektov (jajčeca, ličinke, odrasli insekti). Te enote omogočajo nastavitev in prilagoditev mikroklimatskih pogojev za optimizacijo rasti.
- **Kalibracija senzorjev in nastavitev sistema za nadzor mikroklimat:** Senzorji temperature, vlažnosti in osvetlitve so natančno nastavljeni, da omogočajo stabilno vzrejo črne bojevniške muhe. Določijo se tudi dnevni rutinski postopki za spremljanje mikroklimatskih parametrov.

- **Vzpostavitev laboratorija za nadzor kakovosti:**

- **Oprema laboratorijskega prostora** s potrebnimi analiznimi napravami za sprotno testiranje substratov, biomase in končnih produktov. To vključuje kemijske teste za določanje hranilne vrednosti in mikrobiološke analize za preprečevanje kontaminacij.
- **Vzpostavitev protokolov za analizo kakovosti** substratov, vključno s preskusnimi metodami za vsebnost beljakovin, prisotnost mikrobov in stabilnost končnega produkta med skladiščenjem.

- **Usposabljanje kadra:**

- **Tehnično usposabljanje za vzrejo insektov:** Zaposleni se usposobijo za delo z mikroklimatskimi komorami, rokovanje z insekti v različnih razvojnih fazah in zaznavanje znakov kontaminacije.
- **Usposabljanje za laboratorijsko analizo:** Laboratorijsko osebje se usposobi za izvajanje analitičnih testov, vključno z mikrobiološkimi analizami substratov in produkcije ter kemijsko analizo končnega produkta.

Testiranje in prilagajanje (3–6 mesecev)

To obdobje je namenjeno uvajanju in izboljšavi vzrejnih in predelovalnih postopkov na podlagi zbranih podatkov ter zagotavljanju, da so procesi stabilni in učinkoviti.

- **Vzreja v rednih ciklih:**

- **Vzpostavitev prvega vzrejnega cikla:** Prvi vzrejni cikel omogoča zbiranje podatkov o času rasti, učinkovitosti pretvorbe substrata v biomaso in vplivu

različnih mikroklimatskih pogojev. Ti podatki se uporabijo za prilagoditev vzrejnih parametrov.

- **Dnevno spremljanje parametrov in beleženje rezultatov:** Redno spremljanje rasti, vlažnosti, temperature in zdravstvenega stanja kolonij omogoča zgodnje zaznavanje težav ter sprotno prilagoditev.
- **Prilagoditev predelovalnih postopkov:**
 - **Analiza prvih vzorcev biomase:** Prvi vzorci se testirajo glede na beljakovinsko sestavo, stabilnost in mikrobiološko čistočo, nato pa se prilagodijo postopki sušenja in pakiranja, da se zagotovi čim višja kakovost.
 - **Pridobivanje povratnih informacij strank:** Prvi vzorci se pošljejo potencialnim kupcem in industrijskim partnerjem za pridobitev povratnih informacij, kar omogoča prilagoditev procesov glede na tržne zahteve.
- **Optimizacija dobavne verige substratov:**
 - **Spremljanje stabilnosti dobave:** Redno spremljanje količine in kakovosti substratov od posameznih kmetij zagotavlja vzdržnost dobavne verige.
 - **Prilagoditev v primeru motenj:** V primeru težav s kakovostjo ali količino substratov se izvedejo prilagoditve ali vključijo dodatni dobavitelji.

Evaluacija in zaključek pilotnega projekta (1 mesec)

Zaključna faza je namenjena analizi dosežkov, identifikaciji izboljšav in pripravi načrta za morebitno širitev projekta.

- **Celovita analiza rezultatov:**
 - **Priprava končnega poročila:** Na podlagi vseh zbranih podatkov o vzreji, kakovosti substratov, predelavi, ekonomičnosti in trajnostnih vplivih se izdela poročilo, ki prikazuje dosežene rezultate, primerjavo z začetnimi cilji in morebitne odklone.
- **Ocena ekonomskih kazalnikov:** Analizirajo se stroški na enoto produkta, prihodki in marža, kar omogoča oceno finančne vzdržnosti
 - In določitev pogojev za širitev.
- **Identifikacija priložnosti za izboljšave:**
 - **Prilagoditev protokolov na podlagi izkušenj:** Na podlagi povratnih informacij kadrov in pridobljenih podatkov se pripravijo prilagoditve protokolov za vse faze, kar bo omogočilo večjo učinkovitost in zmanjšanje tveganj v prihodnje.
 - **Priprava načrta za širitev:** Na podlagi uspešnosti pilotnega obrata se pripravi predlog za širitev na večji obseg, ki vključuje prilagoditve procesov, potrebne naložbe in oceno časovnega okvira za povečanje proizvodnje.

Kriteriji izbora kmetijskih gospodarstev

Za izbor kmetijskih gospodarstev, ki bodo v pilotnem projektu sodelovala kot dobavitelji substratov za vzrejo črne bojvniške muhe, je potrebno vzpostaviti jasne kriterije, ki bodo

zagotavljali stabilnost, kakovost in trajnost dobavne verige. Vsak kriterij mora biti natančno določen, saj bodo prav ustrezni substrati ključni za uspeh projekta. Izbor ustreznih kmetij je zato osredotočen na zanesljivost dobave, kakovost substratov, logistično učinkovitost in pripravljenost na dolgoročno sodelovanje.

Dostopnost in vrsta organskih odpadkov

Da bi zagotovili zadostno in zanesljivo količino kakovostnih substratov, je pomembno sodelovati s kmetijami, ki lahko ponudijo specifične vrste organskih odpadkov. Natančni koraki v tem procesu vključujejo:

- **Vrsta in sestava substratov:** Kmetije morajo biti sposobne zagotoviti organske odpadke, ki so primerni za vzrejo insektov, kot so rastlinski in sadni odpadki (ostanki zelenjave, sadja, koruznih storžev, krompirjevi olupki in ostanki listja). Te vrste substratov so bogate s hranili, ki so potrebna za optimalno rast insektov.
- **Stalnost in sezonska razpoložljivost substratov:** Izbrane kmetije morajo zagotavljati stalno dobavo skozi vse leto, tudi ob sezonskih nihanjih. Na primer, sadne in zelenjavne odpadke je pogosto mogoče pridobiti le v določenih sezonah, zato je pomembno, da kmetije lahko ponudijo alternativne substratne materiale v obdobjih, ko primarnega materiala ni na voljo.
- **Količinske zahteve:** Kmetije morajo zagotavljati zadostno količino substrata, ki omogoča neprekinjen proizvodni proces v pilotnem obratu. Preden se kmetija sprejme v projekt, se določi ocena količin na podlagi povprečnih mesečnih dobav, potrebnih za zadostno hranjenje populacij insektov.
- **Kakovost in odsotnost kontaminantov:** Substrati morajo biti brez kemikalij, pesticidov ali drugih škodljivih snovi, ki bi lahko kontaminirale kolonije insektov. Na vsaki kmetiji se bo izvajalo redno testiranje substratov za zagotavljanje, da so brez težkih kovin in drugih neželenih snovi, ki bi lahko vplivale na kakovost končnega produkta.

Geografska bližina obrata

Logistična učinkovitost je ključna za zmanjšanje stroškov transporta in emisij ter zagotavljanje svežine substratov. Geografska bližina kmetij pilotnemu obratu omogoča večjo prilagodljivost pri dostavi in zmanjšuje vpliv na okolje.

- **Izbor kmetij znotraj določene razdalje:** Idealno bi bilo, da so kmetije v radiju 50 km od pilotnega obrata, kar zagotavlja hitre in stroškovno učinkovite prevoze. Tako se zmanjša potreba po hlajenju substratov in njihovo skladiščenje na dolge razdalje.
- **Uvedba rednega urnika dostave:** Glede na bližino kmetij je mogoče vzpostaviti urnik redne dostave, kjer se substrati dobavljajo v majhnih, a pogostih količinah. To omogoča ohranjanje svežine substratov, zmanjšuje potrebo po skladiščenju in zagotavlja neprekinjeno oskrbo za insekte.
- **Preverjanje stroškov in vplivov transporta:** Geografska bližina ni pomembna le zaradi stroškov, temveč tudi zaradi trajnostnega vpliva. Sodelovanje s kmetijami v neposredni bližini omogoča nižji ogljični odtis, kar je skladno s trajnostnimi cilji projekta.

Pripravljenost na sodelovanje v trajnostnem projektu

Projekt insektne biokonverzije je zasnovan kot trajnostna rešitev, zato je pomembno, da kmetije aktivno podpirajo trajnostne prakse in so pripravljene dolgoročno sodelovati pri krožnem gospodarstvu.

- **Interes za trajnostno rabo odpadkov:** Kmetije, ki že imajo vpeljane trajnostne prakse, kot so kompostiranje, recikliranje odpadkov ali vključevanje krožnih praks, so bolj verjetno motivirane za dolgoročno sodelovanje pri projektu.
- **Sodelovanje pri trajnostnih inovacijah:** Kmetije, ki podpirajo inovacije na področju trajnostne uporabe odpadkov, bodo bolj pripravljene na sodelovanje pri raziskovalnih aktivnostih v projektu. Na primer, lahko sodelujejo pri optimizaciji vrste substratov, ki so najprimernejši za hranjenje insektov.
- **Dolgoročna zaveza:** Kmetije morajo biti pripravljene na dolgoročno sodelovanje in zavezanost projektu, kar vključuje prilagoditve v dobavi substratov ali sodelovanje pri prilagoditvah glede na zahteve projekta.

Prilagodljivost in dostopnost za eksperimentalne prilagoditve

Za pilotni projekt je ključna prilagodljivost kmetij, da lahko zagotavljajo substrat različne sestave ali prilagojene količine, ko projekt napreduje in se spreminjajo zahteve glede hranil za insekte. Eksperimentalne prilagoditve omogočajo boljše razumevanje, kateri substrati dajejo najboljše rezultate, ter hitro prilagajanje v primeru sprememb.

- **Sposobnost prilagajanja vrste substratov:** Kmetije morajo biti pripravljene na to, da v določenih fazah projekta ponudijo različne vrste odpadkov ali spremenijo sestavo substratov glede na ugotovitve raziskovalne ekipe. Na primer, v fazi eksperimentiranja bi lahko projektna ekipa ugotovila, da določena vrsta substrata spodbuja hitrejšo rast insektov, zato bi bil potreben prilagoditev vrste odpadkov, ki jih kmetije zagotavljajo.
- **Zanesljivost dobave dodatnih virov po potrebi:** Kmetije morajo imeti dovolj kapacitet, da zagotovijo večje količine substratov, če projekt to zahteva. To bi lahko bilo pomembno, če bi pilotni projekt potreboval povečane količine za večje eksperimentalne vzreje ali dodatne preizkuse.
- **Sposobnost sodelovanja pri spremljanju kakovosti substratov:** Prilagodljiva kmetija bo omogočala sodelovanje pri testiranju substratov in njihovi prilagoditvi glede na povratne informacije projekta. Na primer, če substrati pokažejo znake kontaminacije ali mikrobioloških nepravilnosti, bi morala biti kmetija pripravljena hitro ukrepati in prilagoditi svoje postopke ravnanja z odpadki, da se prepreči širjenje kontaminantov v kolonije insektov.

Merjenje uspešnosti pilotnega projekta za insektno biokonverzijo s črno bojovniško muho zahteva natančno opredeljene in praktične kazalnike uspešnosti (KPI), ki zagotavljajo jasen vpogled v učinkovitost, kakovost, ekonomsko smiselnost, trajnostne vplive in tržno sprejemljivost projekta. Vsak KPI mora biti dovolj specifičen, da omogoča konkretne prilagoditve in oceno izvedljivosti za nadaljnjo širitev. Tukaj so podrobno opisani ključni KPI-ji, ki bodo uporabljeni za oceno uspešnosti pilotnega projekta.

Spremljanje procesa

Stopnja rasti in biomasa insektov

Za oceno uspešnosti vzreje insektov je pomembno meriti, kako hitro rastejo kolonije črne bojevniške muhe in koliko biomase pridobimo v določenem časovnem obdobju. To vključuje:

- **Čas do zrelosti insektov:** Beleženje časa, ki ga posamezne kolonije potrebujejo, da dosežejo zrelost in so pripravljene za predelavo. Na primer, če običajen cikel rasti traja 14 dni, spremljamo vpliv prilagajanja mikroklimatskih pogojev na čas, potreben za doseg zrelosti.
- **Pridobljena količina biomase na serijo:** Vsaka serija insektov bo stehana, da se oceni masa pridobljene biomase. To omogoča primerjavo količine biomase glede na različne vrste substratov ali mikroklimatske pogoje. Če, na primer, ena serija insektov prinese več biomase kot druga, se identificira optimalen substrat ali pogoji.
- **Konverzijsko razmerje substrat-biomasa:** Za vsako vrsto substrata se izračuna razmerje med količino substrata in količino pridobljene biomase. Če na primer 5 kg substrata omogoči pridelavo 2 kg biomase, je konverzijsko razmerje 2,5:1. Cilj je identificirati najoptimalnejše substrate za maksimalno pridobivanje biomase.

Kakovost in stabilnost produkta

Nadzor kakovosti in stabilnosti končnega produkta je ključnega pomena za zagotavljanje konkurenčnega produkta, ki ustreza standardom prehranske in krmne industrije.

- **Vsebnost beljakovin in maščob:** Za vsako serijo biomase se izvede kemična analiza za določitev odstotka beljakovin in maščob. Idealno je, da vsebnost beljakovin presega 40%, saj to omogoča konkurenčnost s konvencionalnimi živalskimi beljakovinami, kot je ribja moka.
- **Mikrobiološka čistost:** Redne mikrobiološke analize, ki preverjajo prisotnost patogenov (npr. Salmonela, E. Coli), zagotavljajo varnost produkta. Skladnost s prehranskimi in krmnimi standardi je ključna za komercialno uporabnost produkta.
- **Stabilnost med skladiščenjem:** Vzpostavitev stabilnosti produkta skozi čas je pomembna za določitev roka uporabe. To vključuje testiranje končnega produkta na stabilnost pri različnih pogojih shranjevanja (sobna temperatura, hladilnica), saj lahko to neposredno vpliva na zmožnost distribucije produkta na različne trge.

Ekonomski kazalniki

Za določitev izvedljivosti širitve je nujno razumeti ekonomsko sliko projekta, pri čemer so ključni naslednji kazalniki:

- **Stroški na enoto produkta (npr. €/kg):** Pri vsakem ciklu se natančno spremljajo stroški substratov, energije, dela, transporta in predelave. Na primer, če proizvodnja 1 kg insektne biomase stane 2 €, je to osnova za določanje prodajne cene in dobičkonosnosti.
- **Skupni prihodki in bruto marža:** Analiza pričakovanih prihodkov ob upoštevanju prodajne cene končnega produkta. Na primer, če se 1 kg produkta proda za 5 €, marža pa znaša 3 € na enoto, je to dober pokazatelj potencialne donosnosti.
- **Točka preloma (break-even point):** Točka, pri kateri prihodki pokrijejo vse stroške, je pomembna za oceno, kdaj projekt postane finančno vzdržen. Preračun točke preloma omogoča načrtovanje, koliko produkta mora biti prodanega, da se pokrijejo vsi stroški pilotnega obrata.

Kazalniki trajnosti

Trajnostni vidik projekta vključuje oceno porabe naravnih virov in vplivov na okolje, kar je pomembno za trajnostno usmeritev in dolgoročno sprejemljivost na trgu.

- **Emisije toplogrednih plinov (GHG):** Spremljanje emisij CO₂, povezanih z vsakim delom procesa – od dobave substratov, vzreje insektov do predelave in transporta. Če so emisije bistveno nižje kot pri konvencionalni proizvodnji beljakovin, to dodatno prispeva k trajnostnemu profilu produkta.
- **Poraba vode (l/kg):** V pilotnem obratu se vodi natančna evidenca o porabi vode na kg produkta, saj je nizka poraba vode ena izmed ključnih prednosti insektne biokonverzije. Če na primer za proizvodnjo 1 kg biomase porabimo 50 litrov vode, je to bistveno manj kot pri konvencionalnih kmetijskih praksah.
- **Poraba energije (kwh/kg):** Spremljanje porabe električne energije na kilogram pridobljene biomase omogoča optimizacijo energetskih potreb. Podatki iz pilotnega projekta omogočajo oceno, ali so potrebne dodatne naložbe v energetsko učinkovitost, na primer s preходом na obnovljive vire energije.

Tržni odziv in zanimanje kupcev

Pilotni projekt vključuje oceno tržne sprejemljivosti produkta, da se ugotovi, ali ima izdelek potencialno povpraševanje in interes kupcev.

- **Testiranje vzorcev produkta:** Različne oblike produkta (npr. Praški, peleti, suha biomasa) bodo poslani potencialnim kupcem, kot so proizvajalci krme in prehranskih dodatkov. Sledimo povratnim informacijam, da ugotovimo, katera oblika produkta ima največji tržni potencial.
- **Ankete in povratne informacije:** Povratne informacije o kakovosti, ceni in zaznavanju trajnosti produkta od potencialnih kupcev so ključne za nadaljnje prilagoditve. Na primer, če večina kupcev ocenjuje, da je produkt ekološko sprejemljiv in konkurenčen po ceni, to daje dober signal za širitev.
- **Testna prodaja na omejenem trgu:** Za oceno tržne sprejemljivosti je lahko koristno izvesti testno prodajo na izbranem trgu (npr. V določenem regijskem segmentu ali

specifičnem industrijskem sektorju), kar omogoča realno oceno dejanskega povpraševanja in potencialne cene.

Pilotni projekt za vzpostavitev insektne biokonverzije s črno bojevniško muho je zasnovan s premišljenimi in jasno določenimi cilji, postopki in kazalniki uspešnosti (KPI), kar ustvarja obetavno podlago za oceno njegove dolgoročne izvedljivosti in potencialne širitve. Ključne prednosti projekta izhajajo iz njegovega trajnostnega temelja, ki vključuje učinkovito uporabo lokalnih organskih odpadkov, s čimer se zmanjšajo stroški substratov, vpliv na okolje ter odvisnost od zunanjih dobav. Projekt z možnostjo zagotavljanja visokokakovostnih beljakovin s precej nižjo porabo naravnih virov, predvsem vode in energije, v primerjavi s tradicionalnimi živinorejskimi viri, ponuja privlačno trajnostno alternativo za prehransko in krmno industrijo.

Kljub potencialu pa projekt vključuje tudi nekatere kompleksne izzive. Stabilnost dobavne verige substratov je ključna, saj bi morebitna nihanja v količini ali kakovosti substratov lahko negativno vplivala na doslednost vzreje in kvaliteto končnega produkta. Zato je pomembno, da se oblikujejo tesna in zanesljiva partnerstva z lokalnimi kmetijami, ki bodo zagotavljala redne dobave substratov, ob tem pa bodo omogočale fleksibilnost in možnost prilagoditev glede na sezonske spremembe. Pilotni projekt se tudi sooča z visokimi zahtevami po mikrobiološki čistoči, saj je za zagotavljanje varnega in tržno sprejemljivega produkta potrebna stroga kontrola kakovosti, ki vključuje redna testiranja na prisotnost potencialnih kontaminantov.

Ekonomska vzdržnost projekta je še ena ključna komponenta, kjer bo natančno spremljanje stroškov in prihodkov, skupaj z določitvijo stroškov na enoto produkta in izračunom točke preloma, omogočilo oceno finančne vzdržnosti in podprlo odločitev o širitvi. Kazalniki trajnosti, kot so emisije CO₂, poraba vode in energije, bodo prav tako igrali ključno vlogo, saj lahko močno vplivajo na tržno privlačnost produkta, ki bi moral biti v skladu z rastočimi okoljskimi pričakovanji potrošnikov in industrijskih kupcev.

Tržna sprejemljivost produkta ostaja odprto vprašanje, ki zahteva dodatno raziskavo trga, testiranje vzorcev, zbiranje povratnih informacij potencialnih kupcev in prilagoditve glede na zahteve trga. V kolikor bo produkt dobro sprejet na manjših, preizkusnih trgih, bo to omogočilo dodatne prilagoditve pred širšo uvedbo.

Skupno gledano je projekt izvedljiv, vendar za uspešno širitev na večji obseg zahteva temeljito prilagodljivost v procesu, sposobnost hitrega reševanja logističnih in tehnoloških izzivov ter pripravljenost na stalno izboljševanje na podlagi analize kazalnikov uspešnosti in povratnih informacij trga.

PROBLEMI IN POSEBNOSTI PRI PRENOSU PREDLAGANIH REŠITEV V PRAKSO

Na podlagi analize primerov iz podobnih projektov so bila prepoznana naslednja ključna tveganja, ki jih je treba upoštevati pri implementaciji projekta insektne biokonverzije s črno bojevniško muho. Vsako od teh tveganj ima potencial, da bistveno vpliva na uspeh projekta, in zahteva premišljeno strategijo za obvladovanje.

Tveganje regulatornih omejitev in skladnosti

Opis tveganja: Zaradi relativne novosti uporabe insektov v prehranski verigi je zakonodaja na tem področju v razvoju. Obstaja tveganje, da se bodo uvedli strožji predpisi glede uporabe insektnih proteinov ali organskih odpadkov kot substratov, kar bi lahko otežilo ali celo onemogočilo določene prakse v projektu.

Potencialni vpliv: Strožji predpisi lahko vplivajo na celotno verigo vrednosti projekta, povečajo stroške skladnosti in zahtevajo prilagoditve, ki lahko zmanjšajo učinkovitost ali dobičkonosnost.

Obvladovanje tveganja: Projekt mora vključevati proaktivno spremljanje zakonodajnih sprememb in tesno sodelovanje z regulatorji, da bi lahko hitro prilagodil svoje prakse. Vzpostavitev prilagodljive infrastrukture in procesov lahko omogoči hitrejšo odzivnost na morebitne regulatorne spremembe.

Biološka tveganja in tveganja za kakovost

Opis tveganja: Ker se kot substrat uporabljajo organski odpadki, obstaja tveganje kontaminacije substratov ali kolonij črne bojevniške muhe z mikroorganizmi, toksini ali škodljivimi kemikalijami, kar lahko vpliva na kakovost in varnost končnih produktov.

Potencialni vpliv: Kontaminacija lahko privede do izgube celotnih vzrejnih kolonij, zmanjšane kakovosti končnih produktov, izgube zaupanja potrošnikov in potencialnih zdravstvenih tveganj.

Obvladovanje tveganja: Z vzpostavitvijo strogega sistema nadzora kakovosti in rednim preverjanjem substratov za prisotnost kontaminantov je mogoče preprečiti biološka tveganja. Izolacija kolonij in omejen dostop do vzrejnih prostorov pomagata zmanjšati možnost širjenja kontaminantov.

Tržno tveganje in sprejemljivost produktov

Opis tveganja: Sprejemljivost insektnih produktov med potrošniki in industrijskimi kupci je še vedno omejena, kar predstavlja tveganje za uspeh projekta. Kulturne in prehranske navade vplivajo na pripravljenost potrošnikov za sprejetje insektnih beljakovin.

Potencialni vpliv: Nizko povpraševanje lahko vpliva na finančno uspešnost projekta in omeji možnosti za rast in širitev.

Obvladovanje tveganja: Strategija vključuje izvedbo tržne raziskave in oblikovanje komunikacijskih kampanj, ki ozaveščajo potrošnike o prednostih insektnih beljakovin. Ustvarjanje različnih produktov z dodano vrednostjo za specifične tržne segmente (npr. Za prehrano živali ali kot alternativa konvencionalnim beljakovinam v prehrani) lahko pomaga razširiti trg.

Operativna tveganja pri vzreji

Opis tveganja: Težave pri zagotavljanju stalne oskrbe s substrati, neustrezne mikroklimatske razmere in neučinkovitosti pri vzreji črne bojvniške muhe lahko vodijo do zmanjšane produktivnosti in višjih operativnih stroškov.

Potencialni vpliv: Manjša produktivnost in visoki stroški lahko vplivajo na donosnost projekta, še posebej v začetnih fazah, ko je stabilnost proizvodnje ključnega pomena.

Obvladovanje tveganja: Uvedba robustne oskrbovalne verige substratov, ki vključuje rezervne dobavitelje in nadomestne vire, lahko zmanjša tveganje motenj. Prav tako so ključni redno vzdrževanje in nadzor mikroklimatskih pogojev za zagotavljanje optimalnih pogojev za rast insektov.

Okoljska tveganja in vplivi

Opis tveganja: Čeprav je insektna biokonverzija splošno prepoznana kot okoljsko trajnostna rešitev, obstajajo potencialni vplivi, kot so emisije, odpadni produkti ali neustrezno ravnanje z odpadnimi substrati, kar bi lahko zmanjšalo trajnostni učinek projekta.

Potencialni vpliv: Neugodni okoljski vplivi lahko škodujejo trajnostni podobi podjetja in zmanjšajo njegovo sprejemljivost na trgu. Prav tako lahko vplivajo na skladnost s predpisi o varovanju okolja.

Obvladovanje tveganja: Vzpostavitev sistema okoljskega monitoringa in nadzora omogoča spremljanje ključnih okoljskih kazalnikov, kot so emisije in ravnanje z odpadki. Uvajanje krožnih praks, kot je ponovna uporaba odpadkov, in uporaba trajnostnih virov energije lahko zmanjšata negativne vplive.

Analiza tveganj omogoča boljše razumevanje potencialnih nevarnosti, ki jih projekt vzreje črne bojvniške muhe vključuje, ter oceno, kako verjetno je, da se bodo posamezna tveganja pojavila in kakšen vpliv bi imela na projekt. Tukaj so ključna tveganja ocenjena po verjetnosti in potencialnem vplivu, skupaj s pojasnili, zakaj ima vsako tveganje določeno stopnjo verjetnosti in vpliva.

Analiza posameznih tveganj

Regulatorno tveganje

- **Verjetnost:** Zmerna
- **Vpliv:** Visok

Analiza: Regulatorno tveganje je zmerno, saj je področje uporabe insektnih proteinov relativno novo in podvrženo različnim spremembam v zakonodaji, zlasti glede uporabe organskih odpadkov kot substratov in uporabe insektov v prehranski verigi. Možno je, da se bodo zahteve za skladnost v prihodnje povečale, kar bi zahtevalo dodatne prilagoditve v proizvodnem procesu ali celo omejitve. Zaradi visokega vpliva, ki bi ga lahko imela strožja zakonodaja, se regulatorno tveganje uvršča med bolj kritična tveganja. Z vsakim novim zakonskim okvirom se lahko pojavi potreba po dodatnih investicijah v skladnost, kar neposredno vpliva na dobičkonosnost projekta.

Biološko tveganje

- **Verjetnost:** Srednja
- **Vpliv:** Srednje visok

Analiza: Verjetnost biološkega tveganja je srednja, saj so kontaminacije substratov ali vzrejnih kolonij možne. To je značilno tveganje pri bioloških procesih, kjer se uporabljajo organski odpadki, ki lahko vsebujejo bakterije, plesni ali toksine. Vpliv je ocenjen kot srednje visok, ker kontaminacija lahko povzroči znižano kakovost končnih produktov, kar neposredno vpliva na zdravje uporabnikov in zaupanje v blagovno znamko. Kontaminacija bi lahko zahtevala celovito sanacijo kolonij, kar je zamudno in finančno obremenjujoče, poleg tega pa bi lahko zmanjšalo povpraševanje po produktih zaradi pomislekov glede varnosti.

Tržno tveganje

- **Verjetnost:** Srednja
- **Vpliv:** Visok

Analiza: Tržno tveganje je srednje verjetno, saj se sprejemanje insektnih proteinov na trgu še razvija. Kljub trajnostnim in prehranskim prednostim insektnih beljakovin so kulturni in socialni dejavniki še vedno ovira pri široki sprejetosti med potrošniki, zlasti v prehrani ljudi. Vpliv tega tveganja je visok, saj lahko nizko povpraševanje znatno omeji prihodke in rast projekta. Nizka tržna sprejemljivost lahko vpliva na celotno strategijo trženja, zahteva dodatne naložbe v izobraževanje potrošnikov in tržne raziskave ter predstavlja dolgoročno tveganje za poslovno vzdržnost.

Operativno tveganje

- **Verjetnost:** Visoka
- **Vpliv:** Srednje visok

Analiza: Operativno tveganje ima visoko verjetnost, saj se lahko pojavi vrsta težav pri vzreji črne bojvniške muhe, vključno z motnjami v oskrbi s substrati in mikroklimatskimi spremembami, ki lahko vplivajo na učinkovitost vzreje. Prav tako obstaja tveganje motenj v oskrbi substratov, še posebej v primeru sezonskih nihanj ali težav pri logistiki. Vpliv tega tveganja je srednje visok, saj lahko neučinkovitost vzreje ali težave z oskrbo s substrati zvišajo stroške in upočasnijo proizvodnjo, kar zmanjša profitabilnost in stabilnost projekta.

Okoljsko tveganje

- **Verjetnost:** Nizka
- **Vpliv:** Visok

Analiza: Okoljsko tveganje je nizko verjetno, saj projekt temelji na trajnostnih načelih in uporablja odpadke kot substrat, kar zmanjšuje obremenitev okolja. Kljub temu je potencialni vpliv visok, saj bi morebitne negativne okoljske posledice, kot so emisije ali proizvodnja odpadkov, lahko škodovala trajnostni podobi podjetja in vplivale na regulativno skladnost. Okoljski problemi bi lahko povečali stroške za odpravljanje škode in vodili do zmanjšanja zaupanja v projekt kot trajnostno rešitev. Poleg tega bi negativni okoljski vplivi lahko pritegnili pozornost okoljskih organizacij ali zakonodajalcev, kar bi dodatno obremenilo projekt.

Povzetek tveganj:

- **Visoko kritična tveganja** so regulatorno in tržno tveganje, saj imata največji potencial za vpliv na celoten projekt – bodisi prek omejitev, ki jih prinaša zakonodaja, bodisi zaradi omejenega povpraševanja po insektnih beljakovinah.
- **Zmerno kritična tveganja** so biološka in operativna tveganja, ki bi lahko vplivala na učinkovitost proizvodnje, kakovost produktov in zdravje uporabnikov, vendar so bolj obvladljiva s preventivnimi ukrepi.
- **Okoljsko tveganje** ima nižjo verjetnost, vendar visok potencialni vpliv, ki bi lahko ogrozil trajnostno podobo projekta.

Priporočilo: Projekt naj se osredotoči na proaktivno obvladovanje regulatornih in tržnih tveganj ter postavitev strogega nadzora kakovosti in okoljskega monitoringa. Z uvedbo prilagodljive infrastrukture, tesnim spremljanjem tržnega sprejemanja insektnih produktov in okoljskim pristopom je mogoče zmanjšati vpliv teh tveganj in zagotoviti dolgoročno vzdržnost projekta.

Strategije za obvladovanje tveganj

Da bi učinkovito obvladali tveganja v projektu vzreje črne bojevniške muhe, je treba vzpostaviti podrobne strategije za vsak identifikacijski faktor tveganja.

Regulatorno tveganje

Proaktivno sodelovanje z regulatorji:

- **Ustanovitev regulatornega oddelka ali vloge** za stalno spremljanje zakonodajnih sprememb na nacionalni in evropski ravni, z rednimi pregledi smernic in predpisov.
- **Članstvo v industrijskih združenjih in konzorcijih**, kot so združenja za trajnostno biotehnologijo ali industrijo insektov, kjer podjetje sodeluje v zakonodajnih razpravah in ima vpliv pri oblikovanju predpisov.
- **Vzpostavitev svetovalne skupine** z zunanjimi pravnimi strokovnjaki, ki bodo podali priporočila o skladnosti s predpisi in pomagali pri pridobivanju certifikatov ter dovoljenj.

Prilagodljivost proizvodnih procesov:

- **Razvoj večnamenskih proizvodnih linij** za hitro prilagajanje novih regulatornih zahtev. Na primer, vključitev tehnologij, ki omogočajo spremembe v substratih ali procesih v primeru sprememb zakonodaje.
- **Vzpostavitev stroge dokumentacije in sledljivosti** za vsako serijo, kar omogoča sledenje proizvodnemu procesu in izpolnjevanje dodatnih regulatornih zahtev glede varnosti in kakovosti.
- **Investicija v avtomatizirane proizvodne sisteme**, ki omogočajo enostavno prilagoditev v primeru sprememb zakonodaje in zmanjšujejo čas ter stroške usklajevanja.

Biološko tveganje

Natančen nadzor kakovosti substratov:

- **Vzpostavitev kontrolnih točk na vhodu substratov**, kjer se izvaja redna analiza substratov za prisotnost mikroorganizmov, toksinov ali težkih kovin, s pomočjo tehnološke opreme, kot so PCR testi in mikrobiološke analize.
- **Izbira preverjenih in certificiranih dobaviteljev** organskih odpadkov, ki zagotavljajo substrat z ustrezno sestavo in brez nevarnosti kontaminacije.
- **Uvajanje protokolov za obvladovanje nevarnosti (HACCP)**, kjer se ocenjujejo tveganja na različnih stopnjah proizvodnje in določajo ukrepi za obvladovanje kontaminacijskih tveganj.

Izolacija in spremljanje kolonij:

- **Vzpostavitev ločenih vzrejnih enot** z nadzorovanimi vhodnimi in izhodnimi točkami, ki preprečujejo širjenje morebitnih kontaminacij med kolonijami.

- **Sistem za zdravstveni nadzor kolonij**, ki vključuje redne preglede in vzorce za mikrobiološko testiranje populacij črne bojvniške muhe.
- **Uvajanje karantenskega sistema** za nove ali prizadete kolonije, ki vključuje nadzorovane pogoje za preprečevanje širjenja kontaminacij.

Tržno tveganje

Tržna raziskava in testiranje:

- **Izvedba obsežnih tržnih raziskav** na več ciljnih skupinah (npr. Sektor živalske krme, segmenti ljudi odprti za nove vire beljakovin) z uporabo anket, fokusnih skupin in pilotnih prodajnih kampanj.
- **Testiranje različnih oblik produktov** (na primer posušene beljakovine, proteinski praški, obogatena hrana) z raziskovanjem tržnega potenciala posameznih kategorij, kar omogoča boljše prilagajanje trgu.
- **Spremljanje mednarodnih trgov**, kjer je sprejemanje insektnih proteinov večje (npr. Azija), kar omogoča širitev poslovanja na trge z večjo pripravljenostjo na sprejemanje insektov kot vira beljakovin.

Izobraževanje in promocija:

- **Vzpostavitev komunikacijske strategije**, ki poudarja okoljske, prehranske in ekonomske prednosti insektnih proteinov, s posebnim poudarkom na trajnosti in visoki hranilni vrednosti.
- **Organizacija ozaveščevalnih kampanj** z uporabo socialnih medijev, seminarjev in delavnic, kjer se poudarja prednosti insektnih proteinov in odgovarja na pogosta vprašanja in pomisleke potrošnikov.
- **Sodelovanje z vplivneži in ambasadorki trajnostne prehrane**, ki lahko pomagajo pri spreminjanju percepcije potrošnikov in spodbujajo večjo sprejemljivost insektnih produktov.

Operativno tveganje

Razvoj robustne oskrbovalne verige substratov:

- **Vzpostavitev dolgoročnih pogodb s kmetijami in dobavitelji** za zagotavljanje stalne dobave substratov ter ustvarjanje rezervnih zalog za obvladovanje sezonskih nihanj.
- **Izgradnja skladiščnih kapacitet** za substrate, ki omogočajo zaloge za obdobja pomanjkanja ali motenj v oskrbi.
- **Raziskovanje alternativnih substratov**, ki so lahko na voljo iz drugih industrij (npr. Odpadki iz prehranske industrije), kar zmanjšuje odvisnost od ene vrste substrata in povečuje odpornost oskrbovalne verige.

Optimizacija mikroklimatskih razmer:

- **Investicija v napredne klimatske sisteme**, ki omogočajo natančen nadzor temperature, vlažnosti in osvetlitve ter omogočajo prilagoditve glede na specifične potrebe kolonij črne bojvniške muhe.
- **Avtomatizacija sistema mikroklima** s senzorskimi tehnologijami za stalno spremljanje razmer in hitro reagiranje na odstopanja.
- **Vzpostavitev sistema za spremljanje in poročanje o učinkovitosti** s podatki v realnem času, ki omogočajo zgodnje odkrivanje težav pri vzreji in hitro posredovanje.

Okoljsko tveganje

Okoljski monitoring in ocena vplivov:

- **Uvedba sistema okoljskega monitoringa** za spremljanje emisij toplogrednih plinov, porabe energije in vode ter odpadkov, kar omogoča merjenje vplivov in načrtovanje izboljšav.
- **Redno poročanje o okoljskih kazalnikih** in objavljane teh podatkov za javnost ter vlagatelje kot del strategije trajnostnega poročanja, kar povečuje zaupanje deležnikov.
- **Sodelovanje z okoljskimi svetovalci in institucijami** za izvajanje analiz okoljskega vpliva in opredelitev korakov za zmanjšanje vplivov na okolje.

Uvajanje krožnih praks:

- **Ponovna uporaba stranskih produktov** (npr. Frass) kot gnojila v kmetijstvu ali kot substrat v drugih proizvodnih procesih, kar zmanjšuje odpadke in zapira kroge materialov.
- **Uporaba trajnostnih virov energije**, kot so solarni paneli ali bioplin, ki prispevajo k zmanjšanju ogljičnega odtisa proizvodnega obrata.
- **Izvajanje ukrepov za zmanjšanje porabe vode** s tehnologijami za reciklažo vode, kar zmanjša pritisk na naravne vire.

Implementacija projekta insektne biokonverzije s črno bojvniško muho ima velik potencial za trajnostno pridelavo beljakovin in obvladovanje organskih odpadkov, vendar se srečuje z več izzivi, ki lahko vplivajo na njegovo izvedljivost. Ključne prednosti vključujejo možnost trajnostne proizvodnje, zmanjšanje okoljskega odtisa ter inovativne rešitve za prehrambeno in živilno industrijo. Kljub temu je projekt zapleten zaradi številnih tveganj. Regulatorno tveganje, ki vključuje stalno spreminjajoče se predpise o uporabi insektnih proteinov in organskih substratov, predstavlja resno grožnjo, saj bi zahteve po skladnosti lahko omejile ali celo zaustavile določene procese. Biološka tveganja, kot so kontaminacije substratov in insektnih kolonij, zahtevajo dosleden nadzor kakovosti in natančne protokole za preprečevanje širjenja škodljivih mikroorganizmov, kar lahko znatno poveča operativne stroške in zahteva visoko usposobljeno osebje.

Operativna tveganja, predvsem zagotavljanje stalne oskrbe s substrati in vzdrževanje stabilnih mikroklimatskih pogojev, so prav tako izziv, saj motnje v teh procesih močno vplivajo na produktivnost in ekonomičnost projekta. Na tržnem področju obstaja tveganje zaradi še vedno omejene sprejemljivosti insektnih proteinov med potrošniki, kar lahko zavira širitev in finančno uspešnost projekta, zato bo ključna intenzivna izobraževalna kampanja in ozaveščanje o prednostih tovrstnih beljakovin. Okoljska tveganja, čeprav manj verjetna, predstavljajo resen vpliv, saj bi

morebitni negativni učinki na okolje omajali trajnostno podobo podjetja. Izvedljivost projekta je torej mogoča, a bo zahtevala proaktiven pristop k upravljanju tveganj, visok začetni kapital za vzpostavitev prilagodljive infrastrukture in stabilnih operacij ter močno zavezanost k stalnemu prilagajanju zakonodajnim in tržnim spremembam.

Tako lahko zaključimo, da so tveganja v projektu insektne biokonverzije obvladljiva, vendar zahtevajo premišljeno načrtovanje, znatne finančne vložke in učinkovito upravljanje. Čeprav so regulatorno, biološka, operativna, tržna in okoljska tveganja resna in lahko vplivajo na uspeh projekta, so z ustreznimi strategijami, kot so proaktivno sodelovanje z zakonodajalci, strogi nadzori kakovosti, izobraževalne kampanje ter optimizacija procesov in oskrbovalne verige, ta tveganja obvladljiva. Projekt ima velik potencial, vendar bo potrebna pripravljenost na stalno prilagajanje in usklajevanje s spreminjajočimi se dejavniki.

KORISTI PREDLAGANIH REŠITEV ZA KMETIJSKO GOSPODARSTVO

Implementacija insektne biokonverzije za predelavo kmetijskih stranskih proizvodov in pridobivanje alternativnih beljakovinskih virov prinaša številne finančne, ekonomske in trajnostne koristi za kmetijska gospodarstva. Uvedba tovrstnih tehnologij omogoča večjo konkurenčnost na trgu, izboljšano ekonomiko poslovanja ter pozitivne okoljske učinke, hkrati pa prispeva k razvoju krožnega biogospodarstva.

1. Stroškovna optimizacija in diverzifikacija prihodkov

- Zmanjšanje stroškov krme: Uporaba proteinske moke, pridobljene iz črne bojevniške muhe (*Hermetia illucens*), omogoča zamenjavo konvencionalnih virov beljakovin, kot sta soja in ribja moka, katerih cene so volatilne in pogosto naraščajo. Lokalna pridelava insektnih proteinov zmanjšuje odvisnost od uvoza surovin in s tem stabilizira stroškovno strukturo kmetijskih gospodarstev.
- Nova tržna ponudba: Kmetije, ki implementirajo insektno biokonverzijo, lahko ustvarijo dodatne prihodke s trženjem visokovrednih stranskih produktov, kot so **beljakovinska moka, lipidne frakcije za prehransko in kozmetično industrijo, hitin za farmacevtske in biotehnološke aplikacije ter frass kot visokokakovostno organsko gnojilo**.
- Diverzifikacija poslovnih modelov: Tehnološka rešitev omogoča vertikalno integracijo v agroživilski verigi, saj lahko kmetijska gospodarstva nastopijo na novih segmentih trga – bodisi kot proizvajalci alternativnih beljakovin bodisi kot ponudniki storitev biokonverzije za druge sektorje (npr. živinoreja, akvakultura, ekološko kmetovanje).

2. Povečanje tržne konkurenčnosti in poslovne priložnosti

- Tržno zanimiv produkt: Alternativni beljakovinski viri postajajo vse bolj relevantni zaradi regulativnih sprememb v EU in povečanega povpraševanja po trajnostnih rešitvah v prehranski industriji. Kmetijska gospodarstva lahko s preходом na inovativne modele pridobijo konkurenčno prednost na rastočem trgu insektnih proteinov.
- Certifikati in trajnostno označevanje: Kmetije, ki implementirajo tovrstne rešitve, imajo možnost pridobitve ekoloških certifikatov in trajnostnih oznak, kar povečuje dodano vrednost proizvodov in omogoča boljše pozicioniranje na trgu.
- Sinergije z živilsko industrijo: Sodelovanje z živilsko-predelovalnimi podjetji odpira priložnosti za dolgoročne pogodbe in razvoj specializiranih proizvodov, ki ustrezajo zahtevam trajnostno usmerjenih potrošnikov.

3. Okoljske koristi in prehod v krožno gospodarstvo

- Krožnost in valorizacija organskih ostankov: Insektna biokonverzija omogoča **pretvorbo nizkovrednih organskih substratov v visokokakovostne prehranske komponente**, s čimer se zmanjšajo stroški odstranjevanja kmetijskih stranskih produktov in optimizira izraba surovin.
- Zmanjšanje okoljskega odtisa: V primerjavi s konvencionalnimi viri beljakovin, kot sta soja in ribja moka, insektna biokonverzija zahteva **znatno manjšo porabo vode**,

zemljišč in energije ter ima nižje emisije toplogrednih plinov. To prispeva k večji trajnosti agroživilskih sistemov.

- Nadomestitev umetnih gnojil: Frass, preostali substrat po biokonverziji, predstavlja **naravno bogato gnojilo** z visokimi koncentracijami dušika, fosforja in mikrohranil, kar zmanjšuje potrebo po sintetičnih gnojilih in prispeva k regenerativnemu kmetovanju.

4. Izobraževanje, ozaveščanje in širitev inovacij

- Prenos znanja in tehnologij: Implementacija tovrstnih rešitev zahteva ustrezno tehnično podporo in izobraževanje kmetov o optimizaciji proizvodnih procesov, nadzoru vzreje insektov in izboljšanju kakovosti končnih produktov.
- Spreminjanje percepcije potrošnikov: Z ustrezno komunikacijsko strategijo in ozaveščanjem o **prednostih alternativnih beljakovinskih virov** se povečuje sprejemljivost tovrstnih proizvodov na trgu, kar lahko pripomore k hitrejšemu razvoju sektorja.
- Možnosti financiranja in podpornih mehanizmov: Različni evropski in nacionalni razpisi v okviru **strategij krožnega biogospodarstva, podnebne trajnosti in inovacij v agroživilstvu** nudijo priložnosti za financiranje pilotnih projektov, kar omogoča pospešen razvoj tehnologije v prakso.

Implementacija insektne biokonverzije v kmetijska gospodarstva predstavlja **ekonomsko vzdržno, tržno perspektivno in okoljsko trajnostno rešitev**, ki omogoča optimizacijo stroškov, diverzifikacijo prihodkovnih tokov, povečanje konkurenčnosti na rastočem trgu alternativnih beljakovin in krepitev trajnostnega poslovnega modela. S povezovanjem raziskovalnih inštitucij, industrije in kmetijskih subjektov lahko Slovenija postane pomemben akter v razvoju inovativnih rešitev na področju krožnega biogospodarstva.

VPLIV PREDLAGANIH REŠITEV NA OKOLJE

Pregled okoljskih predpisov v EU za rabo žuželk

EU okviru okoljske zakonodaje poudarjajo trajnost, varovanje okolja in zmanjševanje vplivov živilske industrije na naravne vire. Raba žuželk kot beljakovinskega vira je skladna s temi cilji, a je kljub temu strogo urejena. Ključni predpisi vključujejo:

- **Uredba (EU) št. 1143/2014 o invazivnih tujerodnih vrstah**

Cilj te uredbe je preprečiti širjenje invazivnih tujerodnih vrst, ki bi lahko škodovale ekosistemom. Določa seznam vrst, ki so prepovedane za gojenje in rabo. V kontekstu rabe žuželk to pomeni, da lahko proizvajalci gojijo samo tiste vrste, ki so ocenjene kot varne za ekosistem. Na primer, azijska plenilska osa (Vespa velutina) je prepovedana zaradi tveganja za lokalno biotsko raznovrstnost.

- **Uredba (ES) št. 1069/2009 o živalskih stranskih proizvodih in Izvedbena uredba (EU) št. 142/2011**

Določa, kateri substrati se lahko uporabljajo za krmljenje žuželk, s posebnim poudarkom na varnostnih ukrepih in zmanjševanju bioloških tveganj. Prepoved uporabe nekaterih odpadkov (kot so gostinski odpadki ali živalski gnoj) zagotavlja biološko varnost, vendar tudi omejuje trajnostni potencial ponovne uporabe organskih odpadkov.

- **Direktiva 2008/98/ES o ravnanju z odpadki**

Uvaja načela za ravnanje z odpadki, kot so zmanjšanje, recikliranje in obnavljanje materialov. Direktiva spodbuja preusmeritev odpadkov v ponovno uporabo, kar podpira rabo substratov iz odpadnih materialov za hranjenje žuželk. Vendar je glede na Uredbo 1069/2009 še vedno omejena raba gostinskih odpadkov kot substratov, kar nekoliko ovira polno uveljavljanje tega trajnostnega vidika v industriji.

Trajnostni vidiki rabe žuželk kot beljakovinskega vira

A) Nižja poraba naravnih virov

Gojenje žuželk zahteva bistveno manj zemlje, vode in energije v primerjavi s tradicionalno pridelavo beljakovin iz mesa. Žuželke so v naravi zelo učinkoviti pretvorniki krme v beljakovine, kar pomeni manjšo porabo naravnih virov za enoto proizvedenih beljakovin. Ta lastnost podpira evropski zeleni prehod in cilje zmanjšanja okoljskega odtisa.

B) Zmanjšanje emisij toplogrednih plinov

Proizvodnja žuželk prispeva k bistveno nižjim emisijam toplogrednih plinov kot tradicionalna živinoreja. Krave in drugi prežvekovalci med prebavo proizvajajo velike količine metana, kar

predstavlja resen okoljski problem. Žuželke med svojo presnovo proizvedejo bistveno manj plinov, kar je pomembno z vidika doseganja evropskih ciljev za zmanjšanje emisij.

C) Reciklaža organskih odpadkov

Čeprav EU zakonodaja omejuje vrste odpadkov, ki se lahko uporabljajo kot substrati za gojenje žuželk, obstaja velik potencial za reciklažo organskih odpadkov. Na primer, nekateri stranski proizvodi živilske industrije, kot so odpadki iz rastlinske predelave, so dovoljeni kot substrati in tako omogočajo trajnostno ponovno uporabo surovin, ki bi jih sicer zavrgli.

D) Povečanje biotske raznovrstnosti in podpora lokalnim ekosistemom

Gojenje in uporaba lokalnih vrst žuželk za krmo in prehrano lahko zmanjšata potrebo po uvozu drugih živalskih beljakovin, kar podpira lokalne ekosisteme in biotsko raznovrstnost. Po smernicah EU se spodbuja gojenje tistih vrst, ki so del lokalnega ekosistema in nimajo invazivnih lastnosti.

Izzivi in prihodnje možnosti za izboljšanje trajnosti

Omejitve glede substratov: EU zakonodaja močno omejuje vrste substratov, ki jih lahko uporabimo za hranjenje žuželk, da bi zmanjšali biološka tveganja. V prihodnosti bi lahko spremembe zakonodaje omogočile večjo fleksibilnost pri uporabi določenih organskih odpadkov, s čimer bi se povečala trajnost v celotnem procesu.

Povečanje naložb v raziskave in razvoj: Raziskave novih, varnih substratov, ki bi ustrezali okoljskim in varnostnim standardom, lahko pomembno prispevajo k trajnostni uporabi žuželk kot beljakovinskega vira. Nadaljnji razvoj metod za zagotavljanje varnosti bi lahko omogočil večje vključevanje organskih odpadkov, kar bi zmanjšalo proizvodne stroške in povečalo okoljske koristi.

Prilagajanje zakonodaje na podlagi novih ugotovitev: Z razvojem industrije bi lahko EU zakonodajo prilagodili tako, da bi omogočila večjo uporabo odpadkov in stranskih proizvodov, pri čemer bi ohranili visoke varnostne standarde. Prilagoditve bi omogočile povečanje trajnostnega potenciala žuželk kot prehranskega vira.

Okoljski vplivi insektne biokonverzije

Pomanjkanje beljakovin v mnogih delih sveta spodbuja iskanje lokalnih in trajnostnih alternativ. Proizvodnja insektov je prepoznana kot možna rešitev. Ta študija analizira, kako lahko stranske proizvode živilske industrije s pomočjo črne bojevniške muhe (*Hermetia illucens*) pretvorimo v izdelke, primerne za uporabo v prehrani in krmi.

V analizi so ocenjene faze, ki najbolj vplivajo na okolje, ter morebitne koristi ali tveganja za kmetijsko-prehranski sistem. Ugotovili so, da je sveža biomasa insektov skoraj dvakrat bolj trajnostna kot sveže piščančje meso. Čeprav je beljakovinski koncentrat iz insektov okoljsko bolj obremenjujoč kot rastlinski viri, je še vedno konkurenčen živalskim virom beljakovin, kot so

sirotka, jajčni beljaki in ribja moka. Študija ponuja strategije za bolj trajnostno uporabo virov, kar lahko pomaga usmerjati industrijo in vlagatelje k bolj trajnostnim praksam.

Emisije toplogrednih plinov (GHG)

V raziskavi, ki jo je izvedel *Smetana et al. (2019)*, objavljeni v *Resources, Conservation and Recycling*, so ocenili okoljske vplive vzreje črne bojvniške muhe (*Hermetia illucens*) za proizvodnjo živalskih proteinov. Študija je ugotovila, da emisije toplogrednih plinov (GHG) znašajo približno 1,5–2,2 kg CO₂ ekvivalenta na kilogram suhe biomase, proizvedene iz insektov. To pomeni, da so emisije v proizvodnji insektnih proteinov približno 75 % nižje v primerjavi z emisijami, povezanimi s proizvodnjo svinjine, kjer je emisija ocenjena na približno 4,6 kg CO₂ ekvivalenta na kilogram.

Nizke emisije pri proizvodnji insektna biomase so povezane z učinkovitim pretvarjanjem odpadnih substratov, saj črne bojvniške muhe lahko učinkovito predelujejo organske odpadke, kot so kmetijski in gospodinjski odpadki. Poleg tega insekti v primerjavi s tradicionalnimi živinorejskimi praksami porabijo manj energije in vode, kar prispeva k manjšemu ogljičnemu odtisu. Kot substrat za vzrejo insektov se v večini primerov uporabljajo lokalni in odpadni materiali, kar dodatno zmanjšuje vpliv transporta in zmanjšuje emisije toplogrednih plinov.

Poraba vode in energije

V študiji *Bosch et al. (2019)*, objavljeni v *Journal of Cleaner Production*, so raziskovalci analizirali porabo vode in energije pri vzreji črne bojvniške muhe (*Hermetia illucens*) in jo primerjali z živinorejskimi sistemi za proizvodnjo mesa. Rezultati kažejo, da vzreja črnih bojvniških muh za pridobivanje suhe biomase porabi približno 18 litrov vode na kilogram proizvedene biomase. To je znatno manj v primerjavi s konvencionalno proizvodnjo živalskih proteinov; na primer, vzreja goveda zahteva okoli 15.400 litrov vode na kilogram pridelanega mesa, medtem ko proizvodnja perutninskega mesa zahteva približno 4.300 litrov na kilogram.

Poleg porabe vode je bila ocenjena tudi energijska poraba. Pri vzreji insektov je ta ocenjena na približno 10–20 megajoulov (MJ) na kilogram suhe biomase, kar je znatno manj v primerjavi z energijskimi potrebami za živinorejo. Za primerjavo, proizvodnja živalskih beljakovin pri govedu in perutnini zahteva v povprečju od 34 do 48 MJ na kilogram. Nizka energijska poraba pri insektih je povezana s hitrim rastnim ciklom in sposobnostjo predelave organskih odpadkov v visokokakovostne beljakovine, kar zmanjša potrebo po dodatnem vnosu energije v sistem. (Bosch et al. 2019)

Izbira substratov

V študiji *Smetana et al. (2016)*, objavljeni v *Journal of Cleaner Production*, so raziskovalci analizirali vpliv izbire substratov na okoljski odtis biokonverzije insektov. Ugotovili so, da uporaba organskih odpadkov kot substrata za vzrejo insektov lahko zmanjša okoljski odtis za 40–50 % v primerjavi z uporabo posebej pridelane krme. Uporaba živilskih odpadkov kot substrata zmanjša potrebo po dodatnih pridelovalnih površinah in proizvodnih virih, s čimer se bistveno zmanjšajo emisije toplogrednih plinov.

Študija navaja, da se z uporabo živilskih odpadkov kot substrata emisije CO₂ ekvivalenta zmanjšajo za približno 1,8 kg na kilogram uporabljenega substrata. S tem pristopom biokonverzija učinkovito

prispeva k zmanjšanju odpadkov in omogoča bolj trajnostno proizvodnjo beljakovin, saj izkoristi že obstoječe vire namesto zahtevne pridelave nove krme. (Smetana, Schmitt, e Mathys 2019)

Učinkovitost kroženja hranil

V študiji *Halloran et al. (2016)*, objavljeni v *Agronomy for Sustainable Development*, je bila biokonverzija insektov ocenjena kot izjemno učinkovita pri vračanju hranil v prehranski krogotok. Raziskava je pokazala, da 1 kg suhe insektne biomase vsebuje približno 500 g beljakovin in 250 g maščob. Ta visoka vsebnost beljakovin in maščob omogoča, da insekti postanejo odličen nadomestek konvencionalnim virom, kot sta ribja moka in sojini izdelki, ki se pogosto uporabljajo v živalskih krmilih.

Poleg tega ta nadomestitev s strani insektov prispeva k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov. Študija je ocenila, da nadomeščanje konvencionalnih beljakovinskih virov z insektno biomaso lahko zniža emisije CO₂ ekvivalenta za približno 25 % na enoto proizvedenih beljakovin. Tako insekti predstavljajo bolj trajnostno alternativo, ki omogoča učinkovito kroženje hranil in zmanjšuje potrebo po ekološko bolj obremenjujočih virih. (Halloran et al. 2016)

Ravnanje z ostanki

V raziskavi *Guo et al. (2021)*, objavljeni v *Science of the Total Environment*, so preučevali hranilno vrednost ostankov po vzreji črnih bojvniških muh (*Hermetia illucens*), znanih kot frass. Analize so pokazale, da frass vsebuje približno 4 % dušika, 2 % fosforja in 1 % kalija, kar ga uvršča med visokokakovostna organska gnojila. Ta hranilna sestava omogoča, da frass učinkovito nadomesti sintetična gnojila v kmetijstvu, s čimer prispeva k zmanjšanju porabe kemičnih gnojil in povezanih okoljskih obremenitev.

Uporaba frassa kot gnojila lahko zmanjša emisije CO₂ ekvivalenta za približno 0,9 kg na kilogram uporabljenega substrata, kar predstavlja pomembno zmanjšanje okoljskega odtisa kmetijskih praks. Poleg tega uporaba frassa prispeva k trajnostnemu kroženju hranil, saj omogoča ponovno vključitev dragocenih hranil nazaj v zemljo, kar podpira bolj naravno in ekološko kmetijstvo. (Guo et al. 2021)

Primerjava z alternativnimi viri beljakovin

V raziskavi *Rosa et al. (2020)*, objavljeni v *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, so podrobno analizirali učinkovitost črnih bojvniških muh (*Hermetia illucens*) pri pretvorbi hrane v beljakovinsko biomaso in to primerjali z drugimi živalskimi viri beljakovin, kot sta svinjina in perutnina. Ključni pokazatelj učinkovitosti, uporabljen v študiji, je razmerje konverzije hrane (Feed Conversion Ratio - FCR), ki prikazuje količino hrane, potrebno za proizvodnjo 1 kg biomase.

Črne bojvniške muhe imajo izjemno nizko FCR, ki znaša približno **1,3 kg hrane na kilogram proizvedene suhe biomase**. To pomeni, da za pridobitev 1 kg suhe biomase potrebujejo le 1,3 kg substrata, običajno sestavljenega iz organskih odpadkov. V primerjavi s tem ima svinjina bistveno višji FCR, ocenjen na **približno 3,6**, kar pomeni, da je za pridelavo 1 kg svinjine potrebnih 3,6 kg krme. Perutnina je nekoliko učinkovitejša kot svinjina, vendar še vedno z višjim FCR kot črne bojvniške muhe, in sicer **približno 2,4 kg hrane na kilogram pridelanega mesa**.

- **Energetska učinkovitost:** Nižji FCR pri črnih bojevniških muhah pomeni, da se za enako količino pridelanih beljakovin porabi manj energije, saj je potrebno manj krme. Zaradi tega je njihov okoljski odtis bistveno manjši, saj zmanjša potrebo po obdelovalnih površinah, vodi in energiji, ki so sicer nujni za proizvodnjo krme za tradicionalno živinorejo.
- **Poraba krme in zmanjšanje obremenitev virov:** Vzreja črnih bojevniških muh zahteva le **1,3 kg substrata za 1 kg biomase**, kar predstavlja pomembno znižanje porabe virov v primerjavi z živinorejo. Pri vzreji svinjine je potrebna skoraj trikrat večja količina krme, kar zahteva obsežne površine in vodo za gojenje krmnih rastlin ter prispeva k večji obremenitvi ekosistemov.
- **Zmanjšanje emisij CO₂:** Zaradi manjše porabe virov in substrata črne bojevniške muhe proizvedejo tudi manj toplogrednih plinov. Ugotovljeno je, da lahko proizvodnja beljakovin iz insektov zmanjša emisije CO₂ ekvivalenta za **približno 50–75 %** v primerjavi s svinjino, kar ima pomemben vpliv na zmanjšanje ogljičnega odtisa in podnebne obremenitve.

Primerjava FCR in povezanih okoljskih vplivov kaže, da so črne bojevniške muhe znatno učinkovitejše pri pretvorbi hrane v biomaso kot svinjina in perutnina. Njihova visoka učinkovitost znižuje potrebo po naravnih virih ter zmanjšuje emisije na enoto beljakovin, zaradi česar so perspektiven in trajnosten vir beljakovin (Rosa et al. 2020)

Industrijski obseg in optimizacija procesov

V raziskavi *Cámara-Ruiz et al. (2023)*, objavljeni v reviji *Sustainability*, so preučili vpliv industrijskega obsega na okoljsko učinkovitost proizvodnje črne bojevniške muhe (*Hermetia illucens*). Raziskava je pokazala, da lahko večji obseg proizvodnje, ki presega **10.000 ton biomase letno**, znatno zmanjša emisije toplogrednih plinov na kilogram proizvedene biomase. Ocene kažejo, da se emisije zmanjšajo za **10–15 %** na kilogram biomase, kar je predvsem posledica večje energetske učinkovitosti in uporabe odpadnih substratov, ki omogočajo nižje okoljske obremenitve.

- **Energetska učinkovitost:** Pri večjem obsegu proizvodnje je mogoče optimizirati procese, kot sta vzreja in predelava insektne biomase, kar znižuje porabo energije na enoto proizvoda. Večje proizvodne kapacitete omogočajo uporabo naprednejše tehnologije in boljše izkoriščanje energetskih virov, kar prispeva k zmanjšanju ogljičnega odtisa.
- **Uporaba odpadnih substratov:** Pri industrijskem obsegu je lažje integrirati široko paleto organskih odpadkov kot substratov, kar omogoča obdelavo velikih količin odpadkov iz prehranske in kmetijske industrije. S tem se zmanjšuje potreba po pridelavi nove krme, kar znižuje skupni okoljski odtis, povezan z vzrejo insektov.
- **Zmanjšanje emisij:** Pri večjih količinah proizvodnje se lahko zaradi optimizacije procesov in rabe virov emisije toplogrednih plinov zmanjšajo za **10–15 % na kilogram biomase** v primerjavi z manjšimi proizvodnimi obsegi, kar je pomemben korak k bolj trajnostni pridelavi beljakovin.

Industrijski obseg proizvodnje črne bojevniške muhe ima pozitivne vplive na okoljsko trajnost zaradi učinkovitejše rabe energije in uporabe odpadnih substratov. To zmanjšuje emisije na enoto proizvoda in omogoča bolj trajnostno izrabo virov, kar je ključno za razvoj ekološko prijazne in učinkovite proizvodnje insektnih proteinov (Cámara-Ruiz et al. 2023)

Okoljske koristi glede na kompostiranje

V raziskavi *Nugroho et al. (2023)*, objavljeni na platformi *NIH*, so proučevali okoljske koristi biokonverzije organskih odpadkov z insekti v primerjavi s tradicionalnim kompostiranjem. Ugotovili so, da biokonverzija z insekti, kot je črna bojevniška muha (*Hermetia illucens*), znatno zmanjša emisije metana v primerjavi s kompostiranjem. Konkretno, biokonverzija zmanjša emisije metana za približno **80%** v primerjavi z enakim postopkom kompostiranja.

Raziskava je pokazala, da proizvodnja **100 kg sušenih ličink črne bojevniške muhe** povzroči le **0,5 kg emisij metana**, kar je bistveno manj kot pri kompostiranju enake količine organskega substrata. Kompostiranje običajno povzroča višje emisije metana, saj poteka pod anaerobnimi pogoji, ki sproščajo metan kot stranski produkt razgradnje organskih snovi.

- **Zmanjšane emisije metana:** Metan je eden izmed močnih toplogrednih plinov, zato zmanjšanje emisij pri biokonverziji z insekti prispeva k manjšemu ogljičnemu odtisu in zmanjšanju vplivov na podnebne spremembe.
- **Učinkovitejša raba substratov:** Biokonverzija z insekti omogoča pretvorbo organskih odpadkov v visokokakovostno beljakovinsko biomaso, kar zmanjšuje potrebo po drugih virih beljakovin in prispeva k bolj trajnostnemu ravnanju z odpadki.

Biokonverzija organskih odpadkov z uporabo črne bojevniške muhe ponuja pomembne okoljske koristi v primerjavi s tradicionalnim kompostiranjem. Nižje emisije metana zmanjšujejo toplogredni vpliv, kar naredi biokonverzijo bolj trajnostno metodo za ravnanje z odpadki.

Insektna biokonverzija s črno bojevniško muho (*Hermetia illucens*) res predstavlja obetavno alternativo za trajnostno pridobivanje beljakovin in zmanjšanje okoljske obremenitve, ki jo prinaša tradicionalna živinoreja. Vendar, čeprav na prvi pogled ponuja jasne prednosti, ima ta pristop številne izzive in omejitve, ki jih je treba kritično ovrednotiti, preden lahko postane široko sprejeta praksa.

Kritična ocena ključnih vplivov in omejitev

1. Učinkovitost zmanjšanja emisij toplogrednih plinov (GHG): Čeprav je biokonverzija z insekti okoljsko bolj učinkovita od vzreje tradicionalnih živali glede emisij toplogrednih plinov, je treba te rezultate obravnavati z določeno mero previdnosti. Učinkovitost zmanjšanja emisij je močno odvisna od vrste in izvora uporabljenega substrata. Če insekti dobijo krmo iz organskih odpadkov, kot so ostanki kmetijskih ali gospodinjstev, je zmanjšanje emisij resnično pomembno. A če substrati prihajajo iz komercialnih virov, bi se te koristi zmanjšale, saj pridelava teh substratov vključuje dodatne emisije. Zato je nujno, da se industrija osredotoči na standardizirano in dosledno uporabo organskih stranskih snovnih tokov za doseganje optimalnega trajnostnega vpliva.

2. Poraba vode in energije: Poraba vode in energije pri vzreji insektov je v primerjavi z živinorejo relativno nizka, kar predstavlja pomemben korak k trajnostni uporabi virov. Vendar pa moramo priznati, da industrijska vzreja insektov še vedno zahteva natančen nadzor mikroklima, kot so temperatura, vlaga in osvetlitev, kar je energetsko intenzivno. Povečana uporaba tehnologije za optimizacijo teh pogojev lahko zmanjša porabo energije, a hkrati povečuje kompleksnost in stroške

vzreje. Dolgoročno gledano bi moral biti poudarek na razvoju energetsko učinkovitih metod za obvladovanje okolja in zmanjšanje potrebe po zunanjih energijskih virih.

3. Izbira substratov in njihova dostopnost: Uporaba organskih odpadkov kot substratov za vzrejo insektov prinaša pomembne okoljske koristi, saj zmanjšuje potrebo po pridelavi novih surovin, kar posledično zmanjšuje emisije toplogrednih plinov. Vendar je ta model v praksi omejen z dostopnostjo ustreznih substratov. Prilagoditev industrije potrebam velikih insektnih farm pomeni, da se bo povpraševanje po teh substratih povečalo, kar lahko povzroči tekmovanje za organske odpadke z drugimi panogami, kot je bioplin. Poleg tega kakovost substratov vpliva na kakovost končnih produktov, kar zahteva dosleden nadzor nad vhodnimi materiali in dodatne regulativne standarde, ki bodo zagotovili njihovo varnost in primernost za živalsko krmo ali celo prehrano ljudi.

4. Prehranska varnost in regulativa: Prehranska varnost je ključen izziv pri uvajanju insektnih proteinov v živilsko verigo. Čeprav insekti lahko ponujajo varno in kakovostno alternativo konvencionalnim beljakovinam, njihovo vključevanje v prehrano (tako za živali kot ljudi) zahteva obsežne raziskave na področju možnih tveganj in zdravstvenih vplivov. Regulativa na tem področju je še vedno v razvoju in se razlikuje med državami, kar pomeni, da so potrebni strogi standardi in smernice za varno uporabo insektne biomase. Sprejemanje tovrstnih produktov med potrošniki pa je dodaten izziv, saj so kulturne ovire do uživanja insektov v mnogih delih sveta še vedno prisotne.

5. Ravnanje z ostanki (frass) in kroženje hranil: Frass, ostanek po vzreji insektov, ima potencialno vrednost kot organsko gnojilo zaradi vsebnosti dušika, fosforja in kalija, vendar je njegova kakovost spremenljiva glede na uporabljeni substrat. Za izpolnitev standardov za organsko gnojilo je potreben dosleden nadzor kakovosti in varnosti. Uporaba frassa je obetavna za trajnostno kmetijstvo, vendar širša uporaba v praksi zahteva dodatne raziskave, ki bodo pokazale, kako se ta ostanek obnese pri dolgotrajni uporabi v različnih vrstah tal in podnebnih pogojih.

Zaključek in priporočila

Insektna biokonverzija s črno bojevniško muho ponuja pomembne potenciale za zmanjšanje okoljskega odtisa konvencionalne živinoreje in omogoča trajnostno ravnanje z organskimi odpadki. Vendar pa njena širša uporaba zahteva celovit pristop, ki vključuje tako tehnološke inovacije kot vzpostavitev regulativnega okvira in sistematičen nadzor nad vsemi fazami proizvodnje. Da bi ta tehnologija dosegla svoje polne potenciale, je priporočljivo:

- **Poudarek na lokalnih in obnovljivih substratih:** Industrija bi se morala osredotočiti na čim širšo uporabo lokalno dostopnih organskih odpadkov, da bi zmanjšala emisije, povezane s transportom, in preprečila tekmovanje za surovine.
- **Razvoj energetsko učinkovitih sistemov vzreje:** Povečana industrijska vzreja insektov mora temeljiti na energetsko učinkovitih tehnologijah, ki optimizirajo mikroklimatske pogoje brez znatnega povečanja energijske porabe.
- **Vzpostavitev stroge regulative in standardov za prehransko varnost:** Potrebno je vzpostaviti jasne smernice za uporabo insektnih produktov v prehrani živali in ljudi, kar vključuje varnostne standarde za substrate in dosleden nadzor nad celotno oskrbovalno verigo.

- **Izobraževanje in promocija med potrošniki:** Za spodbujanje širše sprejetosti insektnih beljakovin je pomembno izobraževanje javnosti o koristih in varnosti tovrstnih produktov.

Insektna biokonverzija ima torej velik potencial, a njena dolgoročna uspešnost je odvisna od reševanja trenutnih izzivov in izvajanja premišljenih trajnostnih praks.

STRATEGIJA TRŽENJA

Razvoj strategije trženja insektnih proizvodov, kot je beljakovinska moka iz črne bojvniške muhe (*Hermetia illucens*), zahteva celovit pristop, ki vključuje analizo tržnih trendov, vedenja potrošnikov in regulativnega okolja. Ključni elementi strategije zajemajo segmentacijo trga, diferenciacijo produkta, grajenje prepoznavnosti blagovne znamke in cenovno pozicioniranje.

Oprelitev ciljne skupine

Primarne ciljne skupine vključujejo proizvajalce krmil za živinorejo, kjer se insektna moka uporablja kot visokokakovostni beljakovinski nadomestek ribje moke in sojinih proteinov. Nadalje je pomemben segment prehrabena industrija, zlasti podjetja, ki razvijajo alternativne in trajnostne vire beljakovin. Znotraj tega sektorja je ključna podskupina potrošnikov s prehranskimi intolerancami (npr. alergija na sojo ali gluten), ki iščejo inovativne prehranske rešitve. Posebno pozornost je treba nameniti trajnostno ozaveščenim kupcem in podjetjem, ki želijo izboljšati svoj ESG profil.

Diferenciacija produkta

Za uspešno tržno pozicioniranje je ključnega pomena izpostaviti edinstvene lastnosti insektnih proizvodov. Beljakovinska moka iz črne bojvniške muhe ima visoko biološko vrednost, vsebuje esencialne aminokisline, izboljšuje prebavljivost in ima nižji okoljski odtis v primerjavi s tradicionalnimi beljakovinskimi viri. Ti atributi omogočajo pozicioniranje kot ekološka in trajnostna alternativa, kar lahko poveča dodano vrednost in privlačnost produkta pri ekološko ozaveščenih kupcih ter prehrabeni industriji.

Ustvarjanje prepoznavnosti blagovne znamke

Močna blagovna znamka je ključna za vzpostavitev zaupanja pri kupcih in regulativnih organih. Uspešno trženje mora vključevati komunikacijsko strategijo, ki temelji na znanstveno podprtih trditvah o hranilnih in ekoloških prednostih insektnih proizvodov. Pomembno je sodelovanje z akademskimi in industrijskimi partnerji za zagotavljanje kredibilnih dokazov o učinkovitosti in varnosti produkta. Marketinški kanali, kot so digitalne kampanje, socialna omrežja, sodelovanja z vplivneži in prisotnost na strokovnih konferencah, lahko pripomorejo k večji prepoznavnosti in sprejemljivosti produkta na trgu.

Cenovna strategija

Določitev optimalne cene zahteva poglobljeno konkurenčno analizo, pri čemer je treba upoštevati proizvodne stroške, tržne razmere in kupno moč potrošnikov. Zaradi višjih začetnih stroškov proizvodnje je smiselna strategija **premijskega cenovnega pozicioniranja**, kjer se izpostavlja dodana vrednost produkta (npr. visoka hranilna vrednost, trajnost, boljši vpliv na zdravje živali in ljudi). Hkrati se lahko za večje industrijske odjemalce, kot so proizvajalci krmil, oblikujejo **cenovne spodbude** (npr. količinski popusti) za povečanje penetracije na trgu.

Izvedljivost, prednosti in slabosti strategije

Izvedljivost strategije je odvisna od regulativnega okolja in percepcije potrošnikov. Trenutno je v EU pravna ureditev uporabe insektnih proteinov v prehrani ljudi in živali še vedno predmet regulativnih omejitev, kar lahko predstavlja izziv pri vstopu na trg. Kljub temu trendi kažejo na vse večjo sprejemljivost tovrstnih proizvodov, zlasti v segmentu trajnostne prehrane in alternativnih beljakovin.

Med ključne **prednosti** strategije spadajo inovativnost produkta, visokokakovostna hranilna sestava ter nižji okoljski odtis, kar je v skladu s trajnostnimi cilji EU in globalnimi smernicami prehranske industrije. Prav tako lahko zgodnja umestitev na trg omogoči konkurenčno prednost in vodilno pozicijo na tem rastočem segmentu.

Vendar pa **slabosti** vključujejo izobraževanje potrošnikov, saj je sprejemanje insektnih proizvodov v prehranski verigi še vedno relativno nizko. Poleg tega lahko visoki začetni stroški razvoja in proizvodnje vplivajo na profitabilnost v zgodnjih fazah komercializacije. Potrebne so obsežne investicije v raziskave in razvoj, trženje ter distribucijske kanale.

Za uspeh na trgu je ključno usmerjanje v **B2B segment** (npr. prehrambena industrija in živilarski sektor), kjer so regulatorni izzivi manjši in je sprejemanje tovrstnih produktov hitrejše. Nadaljnje izboljšave strategije lahko vključujejo **partnerstva z agroživilsko industrijo**, ki bi omogočala boljšo tržno penetracijo in lažje vključevanje produkta v obstoječe prehranske verige. Pomembno je tudi spremljanje razvoja zakonodaje v EU in prilagajanje trženske strategije skladno s prihodnjimi regulativnimi spremembami.

Identifikacija tržnih kanalov

Učinkovita distribucija insektnih proizvodov zahteva optimizacijo dobavne verige ter izbiro distribucijskih kanalov, ki so skladni s ciljnim segmenti kupcev in tržnimi zahtevami. Zaradi specifičnosti produkta je ključno, da distribucijska strategija vključuje večkanalni pristop, ki omogoča dostop do različnih vrst kupcev – od končnih potrošnikov do velikih industrijskih odjemalcev. Glavni tržni kanali vključujejo:

Neposredna prodaja

Neposredna prodaja vključuje spletne platforme in direktno prodajo prehrabnim ter krmilarskim podjetjem. Ta kanal omogoča večji nadzor nad cenovno politiko in blagovno znamko, hkrati pa

zmanjšuje odvisnost od posrednikov. Digitalni pristopi, kot so B2B e-trgovine, naročniški modeli za industrijske odjemalce in spletni trgi (npr. Alibaba, Amazon Business), lahko igrajo ključno vlogo pri širitvi dosega in pridobivanju zgodnjih strank. *Prednosti:* neposreden stik s kupci, višje marže, večja prilagodljivost cenovne strategije. *Slabosti:* potreba po lastni logistiki in distribucijski infrastrukturi, višji stroški pridobivanja kupcev.

Distributerji in trgovske mreže

Sodelovanje z obstoječimi trgovskimi mrežami za specializirane surovine omogoča večjo tržno penetracijo, še posebej v sektorjih, kjer so standardizirani postopki nabave in dolgoročne pogodbe ključnega pomena. B2B distributerji surovin za krmno in prehrano (npr. ADM, Cargill, Evonik) lahko zagotovijo učinkovit dostop do velikih industrijskih kupcev in olajšajo vstop na nove trge. *Prednosti:* vzpostavljeni logistični procesi, širši doseg, večja stabilnost dobaviteljske verige. *Slabosti:* nižje marže zaradi posredniških provizij, manjši nadzor nad trženjem in blagovno znamko.

Partnerstva z industrijskimi proizvajalci

Sodelovanje z velikimi prehrabeni podjetji, ki iščejo trajnostne beljakovinske alternative, je ključno za doseganje ekonomije obsega in dolgoročne tržne stabilnosti. Proizvajalci funkcionalnih živil, proteinskih dodatkov, športne prehrane in alternativnih mesnih izdelkov so potencialni partnerji za razvoj končnih produktov na osnovi insektnih proteinov. Sklenitev strateških partnerstev s prehrabeno in krmno industrijo lahko omogoči integracijo insektnih sestavin v obstoječe produkte in zagotovi stabilne prodajne kanale.

Prednosti: dolgoročne pogodbe, stabilen odjem, sinergije pri razvoju produktov. *Slabosti:* zahtevni pogajalski procesi, potreba po standardizaciji in prilagoditvi proizvodnje.

Izvozni trgi

Mednarodni trgi predstavljajo pomembno priložnost za širitev, še posebej v regijah, kjer je zakonodaja naklonjena uporabi insektnih proteinov. Azijski trgi (Kitajska, Tajvan, Tajska) in Severna Amerika so med vodilnimi pri razvoju segmenta alternativnih beljakovin. Proučitev regulativnih zahtev in certifikacijskih postopkov je ključna za uspešen izvoz, prav tako je potrebno vzpostaviti lokalne distribucijske partnerje.

Prednosti: dostop do večjih trgov, večja pripravljenost na inovacije.

Slabosti: regulativne ovire, logistični izzivi, potreba po vzpostavitvi lokalnih poslovnih povezav.

Za učinkovito distribucijo insektnih proizvodov je priporočljiv **večkanalni pristop**, ki združuje neposredno prodajo, strateška partnerstva z industrijskimi podjetji in sodelovanje z distributerji. Ključni poudarki strategije vključujejo:

- **Prioritizacijo B2B segmenta** (npr. prehrabena industrija, proizvajalci krmil), kjer je sprejemljivost insektnih proizvodov višja kot pri končnih potrošnikih.
- **Razvoj lastnih prodajnih kanalov**, kot so digitalne platforme in e-trgovine, za povečanje fleksibilnosti in zmanjšanje odvisnosti od posrednikov.
- **Ekspanzijo na izvozne trge**, kjer regulativno okolje in potrošniški trendi omogočajo hitrejšo sprejemanje insektnih proteinov.

- **Vzpostavitev dolgoročnih partnerstev** s prehrabnenimi korporacijami, kar omogoča hitrejši vstop na trg in zagotavljanje stabilne prodaje.

Uspešna implementacija distribucijske strategije bo zahtevala prilagodljivost in nenehno spremljanje tržnih trendov, saj je trg insektnih proteinov še vedno v fazi zgodnjega razvoja, vendar s hitrim potencialom rasti.

Ključni koraki pri ozaveščanju

Ozaveščanje javnosti in izobraževanje potrošnikov igrata ključno vlogo pri sprejemanju insektnih proizvodov, saj je njihov trg še vedno relativno nerazvit, zaznamujejo pa ga kulturni predsodki, nizka stopnja zaupanja in pomanjkanje informacij o varnosti ter prehranskih prednostih. Učinkovita komunikacijska strategija mora temeljiti na znanstveno utemeljenih argumentih, transparentnosti in neposredni interakciji s potrošniki.

Kampanje na družbenih omrežjih

Digitalne platforme so ključni kanal za razširjanje informacij in oblikovanje pozitivne percepcije insektnih beljakovin. Strategija vključuje:

- **Ustvarjanje vsebin, ki poudarjajo prehranske in okoljske prednosti**, kot so manjši ogljični odtis, visoka biološka vrednost in trajnostna pridelava.
- **Infografike, videoposnetki in kratke dokumentarne zgodbe**, ki prikazujejo izvor in varnost postopkov proizvodnje.
- **Interaktivne kampanje**, kjer potrošniki sodelujejo v anketah, kvizih ali izzivih, povezanih s trajnostno prehrano.
- **Oglaševanje na ključnih platformah** (Instagram, LinkedIn, TikTok, YouTube), kjer lahko natančno targetiramo specifične demografske skupine, kot so mladi potrošniki in profesionalci v prehranski industriji.

Prednosti: širok doseg, nizki stroški v primerjavi s tradicionalnimi mediji, možnost neposredne interakcije s potrošniki.

Slabosti: potreba po dolgoročnem vzdrževanju vsebin, možnost negativnih odzivov in napačne interpretacije sporočil.

Sodelovanje s prehranskimi influencerji in strokovnjaki

Verodostojnost in zaupanje potrošnikov sta ključni pri sprejemanju inovativnih prehranskih proizvodov. Zato je nujno sodelovanje z različnimi mnenjskimi voditelji:

- **Prehranski influencerji in kulinarični strokovnjaki** lahko predstavijo insektne beljakovine kot sestavni del uravnotežene prehrane in razvijejo recepte, ki olajšajo vključitev teh sestavin v vsakdanje obroke.
- **Znanstveniki in prehranski strokovnjaki** lahko skozi članke, predavanja in javne debate osvetlijo varnost, prehransko vrednost in potencial insektov kot trajnostnega vira beljakovin.
- **Športniki in trenerji**, ki uporabljajo visokoproteinske dodatke, so lahko močni ambasadorji insektnih beljakovin kot naravne alternative sintetičnim prehranskim dopolnilom.

Prednosti: povečanje zaupanja potrošnikov, širjenje ozaveščenosti skozi že uveljavljene komunikacijske kanale.

Slabosti: potreba po dolgoročnem sodelovanju in financiranju vplivnežev, odvisnost od njihove kredibilnosti in pristnosti.

Organizacija dogodkov

Neposredno izpostavljanje potrošnikov inovativnim proizvodom je ena izmed najbolj učinkovitih strategij za zmanjšanje predsodkov in povečanje sprejemljivosti:

- **Sejemski nastopi in demonstracije na kulinarčnih dogodkih**, kjer se obiskovalcem omogoči degustacija izdelkov.
- **Partnerstva s trgovskimi verigami**, ki lahko vključujejo degustacije v supermarketih, kjer potrošniki dobijo informacije o proizvodih neposredno od strokovnjakov.
- **Pop-up restavracije in tematski kulinarčni večeri**, kjer vrhunski kuharji predstavijo jedi, pripravljene iz npr. piščancev krmljenih z insekti.
- **Eksperimentalni projekti v gostinskem sektorju**, kjer restavracije in kavarne ponudijo jedi z insektnimi proteini kot del trajnostnega menija.

Prednosti: neposredno vpliva na percepcijo potrošnikov, zmanjšuje predsodke, ustvarja edinstveno uporabniško izkušnjo.

Slabosti: višji organizacijski stroški, omejen doseg v primerjavi z digitalnimi kampanjami.

Izobraževalni programi v šolah in podjetjih

Dolgoletne prehranske navade in predsodki se lahko najbolj učinkovito spremenijo skozi izobraževanje:

- **Vključitev tem o trajnostni prehrani v šolske kurikulumne**, kjer se učenci učijo o pomenu alternativnih virov beljakovin.
- **Praktične delavnice in ekskurzije**, kjer se šolarji spoznajo s postopkom gojenja insektov in njihove uporabe v prehrani.
- **Sodelovanje z univerzami**, ki lahko izvajajo raziskave in projekte, povezane s prehransko varnostjo in ekološkim vplivom insektnih beljakovin.
- **Programi za korporativno trajnostno strategijo**, kjer se podjetja seznanijo s potencialom insektnih proizvodov pri izboljšanju njihove ESG strategije.

Prednosti: dolgoročna sprememba percepcije, ustvarjanje nove generacije potrošnikov z večjo sprejemljivostjo za inovativne prehranske rešitve.

Slabosti: potreben čas za vpeljavo in širšo implementacijo, potreba po podpori institucij in podjetij.

Za uspešno ozaveščanje potrošnikov je potrebno uporabiti **kombinacijo digitalnih in tradicionalnih pristopov** ter neposrednih interakcij s ciljnim skupinami. Ključni poudarki strategije vključujejo:

- **Digitalne kampanje in vplivneže**, ki povečujejo doseg in prisotnost na trgu.
- **Neposredne izkušnje potrošnikov z degustacijami in dogodki**, ki zmanjšujejo predsodke in povečujejo zanimanje.

- **Izobraževalne programe**, ki dolgoročno spreminjajo percepcijo in sprejemljivost insektnih proizvodov.

Uspeh strategije bo odvisen od sposobnosti prilagajanja komunikacije različnim demografskim skupinam ter integracije znanstveno podprtih informacij v marketinške aktivnosti.

Uspešna vpeljava insektnih proizvodov na trg zahteva celovit in večstopenjski pristop, ki povezuje učinkovito trženje, prilagojeno distribucijo in vključevanje ključnih deležnikov. Trženjska komunikacija mora biti prilagojena različnim segmentom potrošnikov, saj se motivi za sprejetje insektnih proizvodov razlikujejo glede na njihove preference in potrebe. Industrijski segment (B2B) daje prednost ekonomski učinkovitosti, stabilnosti dobavne verige in skladnosti s trajnostnimi cilji, medtem ko ekološko ozaveščeni potrošniki cenijo zmanjšanje okoljskega vpliva in trajnostni vidik proizvodnje. Potrošniki z zdravstvenimi in prehranskimi potrebami iščejo prehranske koristi, kot so visoka vsebnost esencialnih aminokislin in alternativa alergenim virom beljakovin, mlajše generacije pa privlači inovativnost in avantgardni vidik uživanja alternativnih beljakovin, podkrepljen z vplivneži in digitalnimi kampanjami.

Izbira distribucijskega modela je odvisna od velikosti proizvodnje, regulativnih omejitev in tržnega potenciala. Manjši in srednje veliki proizvajalci se lahko osredotočijo na neposredno prodajo prek digitalnih platform in specializiranih trgovskih kanalov, s čimer dosežejo zgodnje uporabnike in podjetja, ki iščejo inovativne sestavine. Večji proizvajalci lahko izkoristijo sodelovanje z distributerji in trgovskimi mrežami za širšo dostopnost izdelkov na trgu. Ekspozitna strategija naj bo usmerjena v države, kjer je regulativa ugodna in je povpraševanje po alternativnih beljakovinah že vzpostavljeno, kot so Azija in Severna Amerika. Hkrati je ključnega pomena vzpostavitev dolgoročnih partnerstev s prehrabenimi korporacijami in krmilarsko industrijo, ki omogočajo stabilne prodajne kanale in večjo komercialno sprejemljivost izdelkov.

Za širšo sprejemljivost in uspešno integracijo insektnih proizvodov na trg je nujno vključevanje ključnih deležnikov, ki lahko podprejo rast in regulativno sprejemljivost izdelkov. Sodelovanje z zakonodajnimi organi je bistveno za spremljanje in sooblikovanje zakonodaje glede uporabe insektnih proteinov v prehrani in krmilih. Trgovske verige in distributerji lahko omogočijo lažjo dostopnost do končnih kupcev, medtem ko raziskovalne institucije in akademska skupnost prispevajo znanstvene dokaze o varnosti, hranilni vrednosti in trajnostnem vplivu insektnih proizvodov. Poleg tega je sodelovanje z nevladnimi organizacijami in pobudami za trajnostno prehrano ključno za ozaveščanje potrošnikov in zmanjšanje predsodkov.

Z uspešno implementacijo teh strategij je mogoče povečati sprejemljivost insektnih proizvodov na trgu in zagotoviti njihovo dolgoročno trženjsko uspešnost. Ciljno usmerjena komunikacija, učinkovita distribucija in vključevanje relevantnih deležnikov so trije ključni stebri strategije, ki omogočajo vzpostavitev trdne pozicije na rastočem trgu trajnostnih beljakovin.

ZAKLJUČNI SKLEPI TER PRIPOROČILA

Na podlagi izvedene analize izvedljivosti insektne biokonverzije za predelavo kmetijskih stranskih proizvodov in zagotavljanje alternativnih beljakovinskih virov v Sloveniji lahko ugotovimo, da ta tehnologija ponuja pomembne priložnosti, hkrati pa se sooča s številnimi izzivi, ki jih je treba obravnavati na več ravneh. Tradicionalni viri beljakovin, kot sta soja in ribja moka, postajajo vse manj trajnostni zaradi okoljske obremenitve, nihanja cen in geopolitičnih tveganj. Insektna biokonverzija predstavlja alternativo, ki lahko delno nadomesti konvencionalne vire in prispeva k zmanjšanju okoljskega odtisa, saj zahteva manj vode, zemlje in energije kot klasična živinoreja. Poleg tega omogoča učinkovito pretvorbo organskih stranskih tokov v visoko vredne produkte, kar prispeva k zapiranju snovnih tokov v krožnem biogospodarstvu.

Področje insektne biokonverzije je v Sloveniji še vedno v fazi zgodnjega razvoja, pri čemer trenutne cene insektnih proteinov niso konkurenčne konvencionalnim virom beljakovin, kot je soja. Glavni ekonomski izzivi vključujejo visoke začetne investicije v infrastrukturo, tehnološko opremo in standardizacijo proizvodnje. Kljub temu pa globalni trg insektnih proteinov raste in napovedi kažejo, da se bodo cene ob večji proizvodnji in razvoju učinkovitih tehnologij ali organizacijskih modelov postopoma znižale. Ključnega pomena je identificirati najbolj donosne poslovne modele, kot so specializirana proizvodnja proteinske moke, usmeritev v primerne segmente trga (npr. visoko kakovostna krma za hišne ljubljence ali akvakulturo) ter povezovanje z živilsko in farmacevtsko industrijo. Možnosti obstajajo tudi v razvoju biorafinacijskih procesov, kjer bi poleg proteinske moke iz insektov pridobivali še maščobe za krmne dodatke ali biodizel ter hitin in hitozan za farmacevtsko in kozmetično industrijo.

Pravna in regulativna izvedljivost je pomemben dejavnik pri vpeljavi insektne biokonverzije v širšo rabo. Trenutni evropski predpisi postopoma dopuščajo širšo uporabo insektnih beljakovin v krmi in hrani, vendar je regulativno okolje še vedno zelo strogo. Posebej je pomembno zagotoviti skladnost s higienskimi standardi, sledljivost surovin in varnost proizvodov, saj potrošniki še vedno izražajo zadržke do uporabe insektov v prehrani. Ena izmed ključnih strategij za povečanje sprejemljivosti pri končnih uporabnikih bi lahko bila vključitev insektnih proteinov v predelane izdelke, kjer njihov izvor ni neposredno viden. Podoben pristop bi lahko bil uporabljen tudi v segmentu krmnih mešanic, kjer bi se insektne beljakovine postopoma uvajale v prehrano rejnih živali in hišnih ljubljencev.

Organizacijska izvedljivost vključuje izgradnjo celotne vrednostne verige, od dobave substratov do predelave in distribucije končnih produktov. Kmetije bi lahko igrale pomembno vlogo kot dobaviteljice organskih stranskih proizvodov ali kot vzrejna mesta za insekte. Industrijski obrati za predelavo insektov bi morali delovati po principih standardizirane in avtomatizirane proizvodnje, kar bi povečalo učinkovitost in zmanjšalo stroške. Ključnega pomena je tudi vključitev raziskovalnih inštitucij, ki lahko prispevajo k optimizaciji procesov, razvoju novih tehnologij in zagotavljanju varnostnih standardov. Pilotni projekti so nujni za testiranje različnih modelov gojenja insektov, oceno njihove ekonomske upravičenosti ter zbiranje podatkov, ki bi omogočili nadaljnje prilagoditve in optimizacijo proizvodnje.

Okoljski vidiki insektne biokonverzije so večinoma pozitivni, saj omogoča učinkovito izrabo organskih odpadkov in zmanjšanje emisij toplogrednih plinov v primerjavi s konvencionalno živinorejo. Vendar je treba paziti na ustrezno upravljanje stranskih produktov, kot so odpadni substrati in frass (insektni iztrebki), ki jih je mogoče uporabiti kot organsko gnojilo. Prav tako je

ključno optimizirati energetska učinkovitost proizvodnje, saj ogrevanje in vzdrževanje optimalnih pogojev za rast insektov lahko predstavlja pomemben stroškovni dejavnik.

Na podlagi analize lahko priporočamo več možnosti za uspešno implementacijo insektne biokonverzije v Sloveniji. Prva možnost je razvoj specializiranih pilotnih obratov, ki bi služili kot demonstracijski centri za industrijske in kmetijske akterje. Druga možnost je usmeritev v nišne trge, kjer so potrošniki bolj dovzetni za inovativne in trajnostne proizvode, kot so hrana za hišne ljubljence ali funkcionalna prehranska dopolnila za športnike. Tretja možnost je razvoj vertikalno integriranih sistemov, kjer bi podjetja upravljala celoten proces od vzreje insektov do proizvodnje končnih izdelkov, kar bi omogočilo večji nadzor nad kakovostjo in zmanjšanje stroškov. Četrta možnost je povečanje sodelovanja s prehransko in farmacevtsko industrijo, ki bi lahko izkoristila potencial insektnih proteinov in drugih bioloških komponent za razvoj inovativnih izdelkov.

Za uspešno uresničitev teh možnosti bo potrebno aktivno sodelovanje med podjetji, raziskovalnimi institucijami, zakonodajalci in potrošniki. Ključno vlogo bo imela tudi osveščenost javnosti, saj bo sprejemljivost insektne biokonverzije močno vplivala na njeno komercialno uspešnost. Dolgoročno gledano lahko Slovenija postane vodilna v regiji na področju trajnostne proizvodnje alternativnih beljakovin, če bo uspela razviti učinkovite poslovne modele in izkoristiti podporne ukrepe iz evropskih in nacionalnih skladov za inovacije v krožnem biogospodarstvu.

VIRI IN DODATNA UPORABNA LITERATURA

- 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>
- Amobi, M. I., Saleh, A., Okpoko, V. O., & Abdullahi, A. M. (2021). Growth performance of broiler chickens based on grasshopper meal inclusions in feed formulation. *Zoologist (The)*, 18(1), 39–43. <https://doi.org/10.4314/tzool.v18i1.7>
- Arnone, S., De Mei, M., Petrazzuolo, F., Musmeci, S., Tonelli, L., Salvicchi, A., Defilippo, F., Curatolo, M., & Bonilauri, P. (2022). Black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) as a high-potential agent for bioconversion of municipal primary sewage sludge. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20250-w>
- 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>
- Benzertiha, A., Kierończyk, B., Rawski, M., Kołodziejski, P., Bryszak, M., & Józefiak, D. (2019). Insect Oil as An Alternative to Palm Oil and Poultry Fat in Broiler Chicken Nutrition. *Animals*, 9(3), 116. <https://doi.org/10.3390/ani9030116>
- Bosch, G., Oonincx, D. G. A. B., Jordan, H. R., Zhang, J., van Loon, J. J. A., van Huis, A., & Tomberlin, J. K. (2020). Standardisation of quantitative resource conversion studies with black soldier fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(2), 95–109. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0004>
- Bosch, G., & Swanson, K. S. (2021). Effect of using insects as feed on animals: Pet dogs and cats. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 795–805. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0084>
- Broeckx, L., Frooninckx, L., Slegers, L., Berrens, S., Noyens, I., Goossens, S., Verheyen, G., Wuyts, A., & Van Miert, S. (2021). Growth of Black Soldier Fly Larvae Reared on Organic Side-Streams. *Sustainability*, 13(23), 12953. <https://doi.org/10.3390/su132312953>
- Buffington, J. (2014). The Economic Potential of Brewer's Spent Grain (BSG) as a Biomass Feedstock. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 04(03), 308–318. <https://doi.org/10.4236/aces.2014.43034>
- Bühler AG. (b. d.). Insects to feed the world, Bühler Insect Technology. file:///C:/Users/Luka/Downloads/2021_B%C3%BChler_Insect_Tech_Brochure.pdf
- Buhler AG. (2018). Animal Feed Insect protein—Environmental necessity to fledgling industry. file:///C:/Users/Luka/Downloads/Buhler_Alternative%20Protein_White%20Paper.pdf
- 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>

Cappellozza, S., Leonardi, M. G., Savoldelli, S., Carminati, D., Rizzolo, A., Cortellino, G., Terova, G., Moretto, E., Badaile, A., Concheri, G., Saviane, A., Bruno, D., Bonelli, M., Caccia, S., Casartelli, M., & Tettamanti, G. (2019). A First Attempt to Produce Proteins from Insects by Means of a Circular Economy. *Animals*, 9(5), 278. <https://doi.org/10.3390/ani9050278>

Chavez, M. (2021). The sustainability of industrial insect mass rearing for food and feed production: Zero waste goals through by-product utilization. *Current Opinion in Insect Science*, 48, 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.09.003>

Chia, S. Y., Tanga, C. M., Osuga, I. M., Cheseto, X., Ekesi, S., Dicke, M., & van Loon, J. J. A. (2020). Nutritional composition of black soldier fly larvae feeding on agro-industrial by-products. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168(6–7), 472–481. <https://doi.org/10.1111/eea.12940>

Chia, S. Y., Tanga, C. M., Osuga, I. M., Mohamed, S. A., Khamis, F. M., Salifu, D., Sevgan, S., Fiaboe, K. K. M., Niassy, S., van Loon, J. J. A., Dicke, M., & Ekesi, S. (2018). Effects of waste stream combinations from brewing industry on performance of Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *PeerJ*, 6, e5885. <https://doi.org/10.7717/peerj.5885>

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/

Danieli, Lussiana, Gasco, Amici, & Ronchi. (2019). The Effects of Diet Formulation on the Yield, Proximate Composition, and Fatty Acid Profile of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Prepupae Intended for Animal Feed. *Animals*, 9(4), 178. <https://doi.org/10.3390/ani9040178>

Dzepe, D., Nana, P., Kuietche, H. M., Kimpara, J. M., Magatsing, O., Tchuinkam, T., & Djouaka, R. (2021). Feeding strategies for small-scale rearing black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) as organic waste recycler. *SN Applied Sciences*, 3(2), 252. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04039-5>

Ewald, N., Vidakovic, A., Langeland, M., Kiessling, A., Sampels, S., & Lalander, C. (2020). Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) – Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste Management*, 102, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.014>

FAO. (2013). The State of Food and Agriculture 2013. <https://www.fao.org/3/i3300e/i3300e00.htm>

Gold, M., Tomberlin, J. K., Diener, S., Zurbrugg, C., & Mathys, A. (2018). Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Management*, 82, 302–318. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.022>

- Grau, T., Vilcinskas, A., & Joop, G. (2017). Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 72(9–10), 337–349. <https://doi.org/10.1515/znc-2017-0033>
- Gravel, A., & Doyen, A. (2020). The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, 102272. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102272>
- Gao, Z., Wang, W., Lu, X., Zhu, F., Liu, W., Wang, X., & Lei, C. (2019). Bioconversion performance and life table of black soldier fly (*Hermetia illucens*) on fermented maize straw. *Journal of Cleaner Production*, 230, 974–980. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.074>
- Gasco, L., Biancarosa, I., & Liland, N. S. (2020). From waste to feed: A review of recent knowledge on insects as producers of protein and fat for animal feeds. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 23, 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.03.003>
- Halloran, A., Münke-Svensen, 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.
- Halloran, A., Flore, R., Vantomme, P., & Roos, N. (Ur.). (2018). *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9>
- Hopkins, I., Newman, L. P., Gill, H., & Danaher, J. (2021). The Influence of Food Waste Rearing Substrates on Black Soldier Fly Larvae Protein Composition: A Systematic Review. *Insects*, 12(7), 608. <https://doi.org/10.3390/insects12070608>
- Insect Protein Market Size, Share & Trends Analysis Report By Source (Coleoptera, Orthoptera), By Application (Animal Nutrition, Food & Beverages), By Region, And Segment Forecasts, 2021—2028. (b. d.). <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/insect-protein-market>
- Insects as Sustainable Food Ingredients. (2016). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-03534-4>
- Ites, S., Smetana, S., Toepfl, S., & Heinz, V. (2020). Modularity of insect production and processing as a path to efficient and sustainable food waste treatment. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119248. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119248>
- 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.
- Joly, G., & Nikiema, J. (2019). Global experiences on waste processing with black soldier fly (*Hermetia illucens*): From technology to business. International Water Management Institute (IWMI). <https://doi.org/10.5337/2019.214>
- Jucker, C., Leonardi, M. G., Rigamonti, I., Lupi, D., & Savoldelli, S. (2020). Brewery's waste streams as a valuable substrate for Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Entomological and Acarological Research*, 51(3). <https://doi.org/10.4081/jear.2019.8876>
- 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>
- Kenis, M., Bouwasssi, B., Bofo, H., Devic, E., Han, R., Koko, G., Koné, N., Maciel-Vergara, G., Nacambo, S., Pomalegni, S. C. B., Roffeis, M., Wakefield, M., Zhu, F., & Fitches, E. (2018). Small-Scale Fly Larvae Production for Animal Feed. V A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme, & N. Roos (Ur.), *Edible Insects in Sustainable Food Systems* (str. 239–261). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_15
- Kim, S. Y., Kim, H. G., Lee, K. Y., Yoon, H. J., & Kim, N. J. (2016). Effects of Brewer's spent grain (BSG) on larval growth of mealworms, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *International Journal of Industrial Entomology*, 32(1), 41–48. <https://doi.org/10.7852/IJIE.2016.32.1.41>
- Kooistra, J. (2020). Financial feasibility analysis of insect farming in the Netherlands. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34131.81447>
- 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/>
- Lalander, C., Diener, S., Magri, M. E., Zurbrugg, C., Lindström, A., & Vinnerås, B. (2013a). Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*)—From a hygiene aspect. *Science of The Total Environment*, 458–460, 312–318. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.033>
- Lalander, C., Diener, S., Magri, M. E., Zurbrugg, C., Lindström, A., & Vinnerås, B. (2013b). Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*)—From a hygiene aspect. *Science of The Total Environment*, 458–460, 312–318. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.033>

- Liceaga, A. M. (2021). Processing insects for use in the food and feed industry. *Current Opinion in Insect Science*, 48, 32–36. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.08.002>
- Lock, E.-J., Biancarosa, I., & Gasco, L. (2018). Insects as Raw Materials in Compound Feed for Aquaculture. V A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme, & N. Roos (Ur.), *Edible Insects in Sustainable Food Systems* (str. 263–276). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_16
- Looking at edible insects from a food safety perspective. (2021). FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>
- Lopes, I. G., Lalander, C., Vidotti, R. M., & Vinnerås, B. (2020). Using *Hermetia illucens* larvae to process biowaste from aquaculture production. *Journal of Cleaner Production*, 251, 119753. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119753>
- Lundy, M. E., & Parrella, M. P. (2015). Crickets Are Not a Free Lunch: Protein Capture from Scalable Organic Side-Streams via High-Density Populations of *Acheta domesticus*. *PLOS ONE*, 10(4), e0118785. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118785>
- Magara, H. J. O., Niassy, S., Ayieko, M. A., Mukundamago, M., Egonyu, J. P., Tanga, C. M., Kimathi, E. K., Ongere, J. O., Fiaboe, K. K. M., Hugel, S., Orinda, M. A., Roos, N., & Ekese, S. (2021). Edible Crickets (Orthoptera) Around the World: Distribution, Nutritional Value, and Other Benefits—A Review. *Frontiers in Nutrition*, 7, 537915. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.537915>
- Maillard, F., Macombe, C., Aubin, J., Romdhana, H., & Mezdoor, S. (2018). Mealworm Larvae Production Systems: Management Scenarios. V A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme, & N. Roos (Ur.), *Edible Insects in Sustainable Food Systems* (str. 277–301). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_17
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014a). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014b). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Mass Production of Beneficial Organisms. (2014). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-04576-3>
- Melgar-Lalanne, G., Hernández-Álvarez, A., & Salinas-Castro, A. (2019). Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1166–1191. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>
- Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M., & Gasco, L. (2018a). Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: Rearing substrate effects on

performance and nutritional composition of black soldier fly. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5776–5784. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9127>

Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M., & Gasco, L. (2018b). Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: Rearing substrate effects on performance and nutritional composition of black soldier fly. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5776–5784. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9127>

Moula, N., & Detilleux, J. (2019). A Meta-Analysis of the Effects of Insects in Feed on Poultry Growth Performances. *Animals*, 9(5), 201. <https://doi.org/10.3390/ani9050201>

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>

Närvänen, E., Mesiranta, N., Mattila, M., & Heikkinen, A. (Ur.). (2020). *Food Waste Management: Solving the Wicked Problem*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20561-4>

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>

Oonincx, D. G. A. B., & Finke, M. D. (2021). Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 639–659. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0050>

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>

- Pinotti, L., & Ottoboni, M. (2021a). Substrate as insect feed for bio-mass production. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 585–596. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0110>
- Pleissner, D., & Smetana, S. (2020). Estimation of the economy of heterotrophic microalgae- and insect-based food waste utilization processes. *Waste Management*, 102, 198–203. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.031>
- 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>
- Ravi, H. K., Degrou, A., Costil, J., Trespeuch, C., Chemat, F., & Vian, M. A. (2020). Larvae Mediated Valorization of Industrial, Agriculture and Food Wastes: Biorefinery Concept through Bioconversion, Processes, Procedures, and Products. *Processes*, 8(7), 857. <https://doi.org/10.3390/pr8070857>
- Riekkinen, K., Väkeväinen, K., & Korhonen, J. (2022). The Effect of Substrate on the Nutrient Content and Fatty Acid Composition of Edible Insects. *Insects*, 13(7), 590. <https://doi.org/10.3390/insects13070590>
- 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>
- Sandec: Department of, Sanitation, Water and Solid, & Waste for Development. (2017). *Black Soldier Fly Biowaste Processing A Step-by-Step Guide*. Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development (Sandec) Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf, Switzerland Phone +41 58 765 52 86. https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/BSF_Biowaste_Processing_LR.pdf
- Sayed, W., Ibrahim, N., Hatab, M., Zhu, F., & Rumpold, B. (2019). Comparative Study of the Use of Insect Meal from *Spodoptera littoralis* and *Bactrocera zonata* for Feeding Japanese Quail Chicks. *Animals*, 9(4), 136. <https://doi.org/10.3390/ani9040136>

- Scala, A., Cammack, J. A., Salvia, R., Scieuzo, C., Franco, A., Bufo, S. A., Tomberlin, J. K., & Falabella, P. (2020). Rearing substrate impacts growth and macronutrient composition of *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) larvae produced at an industrial scale. *Scientific Reports*, 10(1), 19448. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76571-8>
- Seyedalmoosavi, M. M., Mielenz, M., Veldkamp, T., Daş, G., & Metges, C. C. (2022). Growth efficiency, intestinal biology, and nutrient utilization and requirements of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae compared to monogastric livestock species: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00682-7>
- Shockley, M., & Dossey, A. T. (2014). Insects for Human Consumption. V *Mass Production of Beneficial Organisms* (str. 617–652). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391453-8.00018-2>
- Shumo, M., Osuga, I. M., Khamis, F. M., Tanga, C. M., Fiaboe, K. K. M., Subramanian, S., Ekesi, S., van Huis, A., & Borgemeister, C. (2019). The nutritive value of black soldier fly larvae reared on common organic waste streams in Kenya. *Scientific Reports*, 9(1), 10110. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46603-z>
- Siddiqui, S. A., Ristow, B., Rahayu, T., Putra, N. S., Widya Yuwono, N., Nisa', K., Mategeko, B., Smetana, S., Saki, M., Nawaz, A., & Nagdalian, A. (2022). Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. *Waste Management*, 140, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.044>
- Singh, A., & Kumari, K. (2019a). An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review. *Journal of Environmental Management*, 251, 109569. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109569>
- Singh, A., & Kumari, K. (2019b). An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review. *Journal of Environmental Management*, 251, 109569. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109569>
- Sogari, G., Mora, C., & Menozzi, D. (Ur.). (2019). *Edible Insects in the Food Sector: Methods, Current Applications and Perspectives*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-22522-3>
- Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Oryn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P., & De Smet, S. (2017). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates: Nutritional composition of black soldier fly. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594–2600. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>
- Surendra, K. C., Tomberlin, J. K., van Huis, A., Cammack, J. A., Heckmann, L.-H. L., & Khanal, S. K. (2020a). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Management*, 117, 58–80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050>

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 muhe. 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.](https://www.weforum.org/agenda/2021/07/why-we-need-to-give-insects-the-role-they-deserve-in-our-food-)

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.

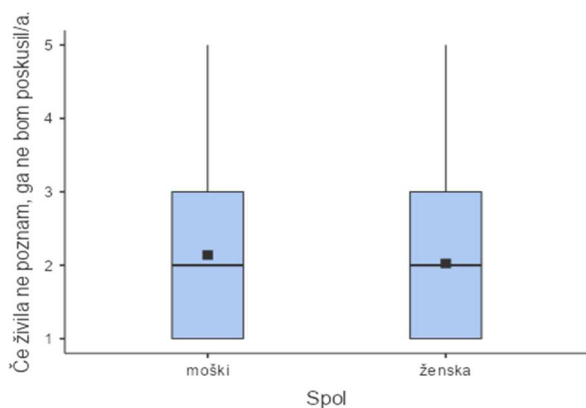
<https://doi.org/10.3390/foods11243961>

PRILOGE

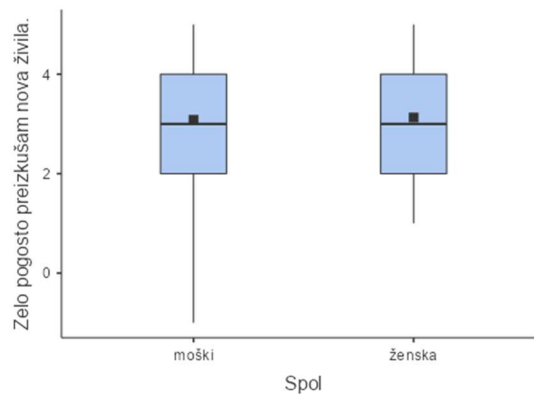
Tabela 2: Prehranska neofobija glede na spol

	Spol	Zelo pogosto preizkuša m 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

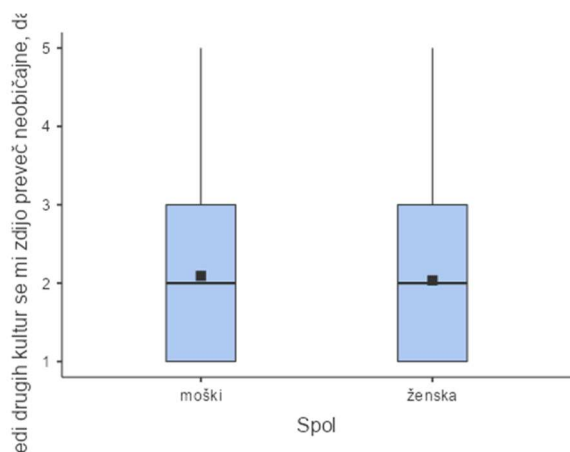
Spol	Zelo pogosto preizkuša m nova živila.	Če živila ne poznam, ga ne bom poskusil/a .	Rad/a imam eksotične jedi drugih kultur.	Eksotične jedi drugih kultur se mi zdijo preveč neobičajne , da bi jih jedla/jedel .	Bojim se jesti jedi, ki jih še nikoli nisem poskusil/a .
ženska	1.0979	0.9685	1.2622	1.0848	1.2683



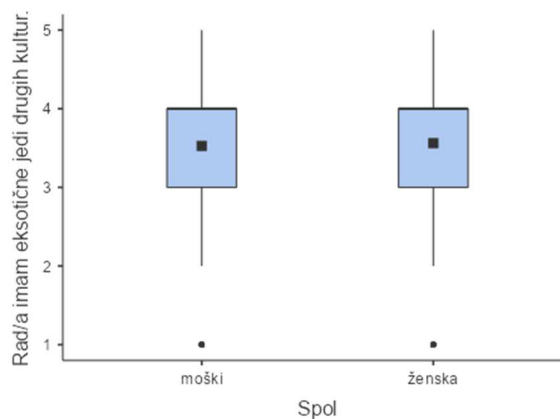
Graf: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os)



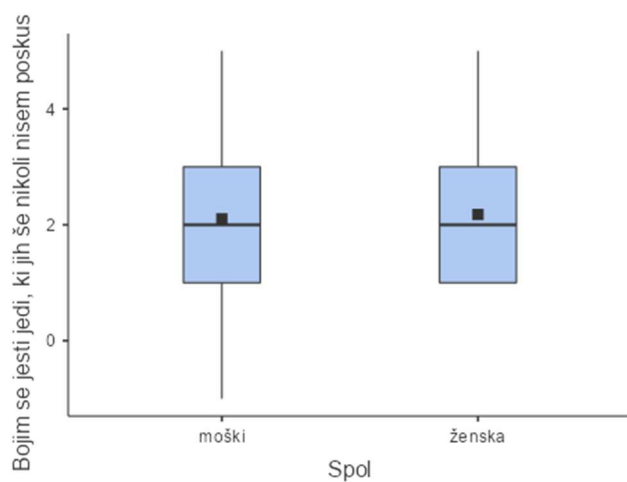
Graf: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os)



Graf: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os)



Graf: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os)



Graf: Strinjanje spolov z dano trditvijo (y os)

Tabela 3: 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 4: Starostne skupine in izkušnje poiskovanja 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 5: 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

Bojim se jesti jedi, ki jih še nikoli nisem poskusil/a.	Spol		Skupno
	moški	ženska	
4	33	53	86
5	4	18	22
Skupno	302	454	756

Tabela 6: 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 7: Odnos starostnih skupin do žuželk v brani 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 8: 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 9: Odnos spolov do žuželk v krmi za piščance

... krmi za piščance.	Spol		
	moški	ženska	Skupno
-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 10: Odnos spolov do žuželk v hrani bišnih ljubljencev

... hrani za hišne ljubljence.	Spol		
	moški	ženska	Skupno
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 11: 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 12: Odnos spolov do žuželk v krmi živali

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

... če je na embalaži JASNA INFORMACIJA o uporabi žuželk v krmi	Spol		
	moški	ženska	Skupno
Skupno	302	454	756

Tabela 13: Odnos spolov do dokazano varne hrane iz žuželk

... če so ta živila DOKAZANO VARNA za prehrano LJUDI.	Spol		
	moški	ženska	Skupno
-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 14: 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 15: 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

	Starostna skupina	__.. prehrani ljudi.	__.. krmi za piščance.	__.. hrani za hišne ljubljence.
	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 16: Odnos spolov do različnih načinov uporabe žuželk

	Spol	... prehrani ljudi.	... krmi za piščance.	... hrani za hišne ljubljenčke.
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