

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Tvirtinu:

**Maisto instituto Direktorei
Alvija Šalaševičienė**

**MOKSLINIO TYRIMO, BANDOMŲJŲ, KONSTRAVIMO AR TECHNOLOGINIŲ
DARBŲ**

ATLIKIMO SUTARTIES Nr. SV9-3996

A T A S K A I T A

**Vabzdžių lervų riebalų ir baltymų frakcijų technologinių, fizikocheminių ir biologinių
savybių maisto sistemų modelių tyrimai**

Tyrimo vadovai

Dr. Lina Trakšėlė
Dr. Antanas Šarkinas

Kaunas 2022

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

VYKDYTOJAI

Vardas, pavardė, pareigos	Veikla sutartyje
Dr. Lina Trakšėlė Chemijos mokslo laboratorijos vadovė, mokslo darbuotoja	Tyrimų vadovė. Programos parengimas, cheminių tyrimų organizavimas, rezultatų vertinimas, ataskaitos rengimas
Dr. Antanas Šarkinas, Mikrobiologijos mokslo laboratorijos vyresnysis mokslo darbuotojas	Tyrimų vadovas. Programos parengimas, mikrobiologinių tyrimų organizavimas, rezultatų įvertinimas, ataskaitos rengimas
Mireta Reminaitė Daiva Jasinauskienė Natalija Makštutienė Dalia Jakutienė Indrė Jonavičienė Solveiga Bulotaitė Valė Navikienė	Projekto vykdytojai, inžinieriai. Mikrobiologiniai tyrimai
Alvija Šalaševičienė	Modelinių sistemų kūrimas
Natalija Vilkevičienė	Projekto vykdytoja, inžinierė Cheminiai tyrimai
Danutė Juškaitienė	Projekto vykdytoja, inžinierė Cheminiai tyrimai
Vaiva Lelešienė	Projekto vykdytoja, inžinierė Cheminiai tyrimai
Aelita Zabulionė	Modelinių sistemų kūrimas

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

TURINYS

1. ĮVADAS 4
2. PAGRINDINĖ DALIS	
2.1. Tyrimų kryptis.....	4
2.2. Tyrimo objektai ir metodai.....	8
3. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas	11
3.1. Juodosios plokščiamusės, (<i>Hermetia illucens</i>) biomasės sudėtis, komponentų santykiniai kiekiai, riebalų bei baltymų ėminių charakteristikos, likutinių medžiagų kiekiai.	11
3.2. Lervų biomasės baltyminės frakcijos analizė, baltymų amino rūgščių sudėtis ir maistingumo savybės.	12
3.3. Vabzdžių lervų biomasės riebalų frakcijos riebalų rūgščių sudėties tyrimai, biologiškai aktyvių medžiagų santykinis įvertinimas, riebalų oksidacinio stabilumo ir poveikio mikroorganizmams nustatymas.	
3.4. Modelinių maisto sistemų su lervų biomasės baltymų ir riebalų priedais sudarymas, prognozuojamos realizavimo trukmės modelio tyrimai, įvertinant juslinius, mikrobiologinius ir fizikocheminius rodiklius.	
3.5. Išvados	
4. LITERATŪRA	

ĮVADAS

Didelis ekonominis, aplinkos ir socialinis poveikis yra susijęs su išvengiamu maisto švaistymu visame pasaulyje. Juodosios plokščiamusės (*Hermetia illucens*) lervų auginimas naudojant organines atliekas ir maisto bei žemės ūkio pramonės produktus yra perspektyvus kelias sprendžiant maisto švaistymo ir atliekų biokonversijos problemą.

UAB „Insectum“ priima augalines bioskaidžias atliekas ir perdirba jas į tvarius vabzdžių produktus.

Vabzdžiai laikomi maistiniu požiūriu vertingu alternatyvių baltymų ir riebalų šaltiniu, o efektyvus šių komponentų išskyrimas yra būtina sąlyga norint juos naudoti įvairiems tikslams.

Juodosios plokščiamusės lervų atsiradimas, kaip viena priemonių žiedinei ekonomikai kurti, leido ją naudoti tokiose srityse kaip biologinis rafinavimas, atliekų tvarkymas, šalutinių pramoninių produktų apdorojimas ir žemės ūkio likučių biokonversija.

Taigi, juodosios plokščiamusės lervos gali paversti mažai vertingas augalines ir gyvūnines kilmės organines atliekas vertinga riebalų ir baltymų turtinga biomase. Lipidų, baltymų ir chitino išskyrimui geriausia yra naudoti maždaug dviejų savaitių amžiaus lervų stadiją.

Hermetia illucens lervų riebalų ir baltymų frakcijų naudojimas modelinėse maisto sistemose mūsų regione yra mažai tirtas, galimos vartotojų priimtumo problemos. Moksliniame darbe buvo planuojama nuodugnai ištirti visų lervų produktų sudėtį, įvertinti jų savybes, galimybes vertingais komponentais praturtinti modelines maisto sistemas, suteikiant joms padidintą pridėtinę vertę dėl optimizuotos sudėties, išspręstų saugos ir tekstūros savybių problemų. Optimizuojant juslinius parametrus, darbe buvo numatyta pašalinti naujų maisto modelinių sistemų priimtumo problemas.

1. PAGRINDINĖ DALIS

1.1. Tyrimų kryptis

Juodosios plokščiamusės nėra mūsų klimato zonos vabzdžiai, jos žūsta 14 °C temperatūroje, o gali išgyventi aukštesnėje kaip 20 °C temperatūroje. Nepaisant to, kad lervos išveria ir 4 °C temperatūrą, Lietuvoje jos gali augti tik dirbtinai sudarytose sąlygose. Natūrali jų augimvietė yra Pietų Amerika, tačiau dabar juodosios plokščiamusės yra paplitusios ir kituose šiltuose kraštuose. Šie vabzdžiai užauga dukart didesni už Lietuvoje gyvenančias muses, jų lervos turi dantis ir virškinimo traktą, todėl gali misti augaliniu ir gyvūniniu maistu. Dėl to jos gali tapti žiedinės ekonomikos grandimi ir būti naudingos atliekas perdirbant į biohumusą, kartu užauginant ir lervų biomasę, kurios mikrobiotoje yra bioaktyvias medžiagas išskiriančių bakterijų, o pati biomasė – vertingų medžiagų šaltinis.

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

Užaugusios lervos užmigdomos šalčiu, išdžiovinamos ir naudojamos riebalų ir baltymų gamybai. Šie produktai Lietuvoje dar mažai populiarūs ir pritaikymo neranda, tačiau, plečiant jų taikymo sritis ir gamybos apimtis, planuojama perdirbti daugiau atliekų ir gauti vertingos biomasės.

Vabzdžių valgymo praktika žinoma kaip entomofagija. Kai kurie gyvūnai, pvz., vorai, driežai ir paukščiai, yra entomofagai. Daugelyje tautų tūkstantmečius vabzdžiai buvo įprasta mitybos dalis, bet valgyti vabzdžius buvo ir tebėra *tabu* vakarietiškoje visuomenėje. Dėl to, vabzdžių dar nėra daugelio turtingų tautų racione, arba jie vartojami kaip nišinė naujo užkandžių sektoriaus dalis. Vabzdžių vartojimas nėra nauja sąvoka daugelyje pasaulio šalių. Nuo skruzdėlių iki vabalų lervų – istoriškai šiuos objektus valgo gentys Afrikoje, Australijoje, Azijoje. Tailande mėgstami ir populiarūs traškiai kepti skėriai ir vabalai. Skaičiuojama, kad vabzdžius reguliariai valgo mažiausiai 2 milijardai žmonių visame pasaulyje. Literatūroje užfiksuota daugiau nei 1900 vabzdžių rūšių kaip valgomos, dauguma jų – atogrąžų šalyse. Dažniausiai valgomos vabzdžių grupės yra vabalai, vikšrai, bitės, vapsvos, skruzdėlės, skėriai, svirpliai, cikados, termitai, laumžirgiai ir musės.

Pastaraisiais metais kai kurios vabzdžių rūšys sulaukė didesnio dėmesio kaip pašarų, maisto ir pramonės žaliavos. Juodosios plokščiamusės *Hermetia illucens* lervos menkavertės organines atliekas gali paversti vertinga riebalų ir baltymų turtinga biomase. Ankstesni jų lipidų, baltymų ir chitino ekstrahavimo tyrimai ne kartą buvo skirti vienam, būtent lervų vystymosi etapui, o praktiškai toje pačioje auginimo partijoje galima rasti skirtingų gyvenimo etapų individus, kaip lervos, priešlėliukės ir lėliukės stadijos [1].

Auginimo substratų ir auginimo sąlygų modifikavimas įtakoja ekonominius rodiklius, lervų biomasės išeiga gali labai skirtis. Valgyklų ir buitinių maisto atliekų substratų didelis maistinių medžiagų kiekis užtikrina aukštą auginimo našumą, veiksmingas vabzdžių auginimo galimybes. Savo vaidmenį atlieka ir aplinkos mikroorganizmai. Užsienio mokslininkų grupė vertino lervų augimo potencialą substratuose su inaktyvuotomis ir gyvomis bakterijomis maisto atliekose. Buvo nustatyta, kad pradinės maisto atliekų mikrobiotos (vyrauja pieno rūgšties bakterijos, *Leuconostoc*, *Bacillus* ir *Staphylococcus*.) sunaikinimas sumažino lervų augimo efektyvumą, o tai rodo, kad pradinė substrato mikrobiota daro įtaką sudėtingam biokonversijos procesui bei lervų augimui. Įdomu tai, kad virškinamajame trakte arba lervų paviršiuje esančios bakterijos ir grybai vėl apgyvendino naudotas atliekas auginimo metu, tačiau auginimo efektyvumo rodikliai vis dėlto išliko mažesni, nes dėl nukenksminimo buvo prarasta pradinė mikroorganizmų biocenozė. Maisto atliekų substratuose lervų auginimas sumažino substrato bakterijų kiekį ir pakeitė fizikines ir

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

chemines savybes bei sudėtį per 12 dienų auginimo laikotarpį, o būdingi lervų žarnyno mikrobiotos atstovai (*Providencia*, *Dysgonomonas*, *Morganella* ir *Proteus*) pradėjo dominuoti substrate, nes auginimo laikotarpiu išsiskiria iš žarnyno [2].

Priemonės, skirtos sumažinti maisto praradimą ir atliekų kiekį, viršijantį 1,3 milijardo tonų per metus, apima perteklinės maisto gamybos vengimą, vėliau perskirstymą ir pakartotinį maisto pertekliaus naudojimą. Pagaminto maisto atliekos turėtų būti perdirbamos naudojant juos kaip gyvūnų (musių lervų) pašarą arba kompostą, o energijos gavyba iš jų neturėtų būti skatinama [3]. Lervų biomaseje gausu baltymų ir lipidų, todėl ji naudojama kaip žaliava įvairioms reikmėms maisto sistemose, baltymai ir lipidai pašaruose gyvuliams, žuvims, naminiams paukščiams, kaulėms, naminiams gyvūnėliams, o lervos egzoskeletas perdirbamas į chitozaną.

Įvairiuose šaltiniuose pabrėžiama, kad atliekų apdorojimas juodosios plokščiamusės lervomis gali turėti mažesnę poveikį aplinkai nei kompostavimas [3].

Kadangi lervos pasisavina ir augalinį, ir gyvūninį maistą, joms tinka ir mikrodumbliai, kurie laikomi perspektyviais ir tvariais omega-3 polinesočiujų riebalų rūgščių šaltiniais, o *Schizochytrium* genties produktai yra vieni iš dažniausiai naudojamų akvakultūros pašarų ingredientų. Auginant juos pramoniniu būdu, susidaro daug atliekų, kuriose gali būti didelis riebalų rūgščių kiekis. Musių lervos, maitinamos *Schizochytrium* gamybos atliekomis, pasižymi gera polinesočiujų riebalų rūgščių bioakumuliacija, o tai leidžia joms sukaupti omega-3, todėl jas galima naudoti kaip tvarų maisto priedą akvakultūroje [4].

Maistiniu požiūriu vabzdžiai laikomi vertingu alternatyvių baltymų šaltiniu, o efektyvus jų baltymų išskyrimas yra būtina sąlyga norint juos naudoti plačiu mastu. Baltymų kiekis paprastai apskaičiuojamas iš bendro azoto, naudojant 6,25 azoto ir baltymo perskaičiavimo koeficientą. Gilesni tyrimai atskleidžia, kad šis faktorius pervertina baltymų kiekį, nes vabzdžiuose yra ir ne baltyminio azoto. Analizuojant amino rūgščių profilį, buvo apskaičiuotas specifinis koeficientas *Hermetia illucens* lervoms įvertinti [5].

Kaip baltymų šaltinis maistui, dėmesio visame pasaulyje sulaukia ir vabzdys *Tenebrio molitor* [6]. Šviežiose lervose yra apie 15 % riebalų ir 20 % baltymų [7, 8]. Ištirti ir juose esantys mineralų, vitaminų, aminorūgščių ir riebalų rūgščių kiekiai [9]. Liofilizuotose geltonosiose miltų kirmėlės lervose buvo apie 33 % riebalų, 51 % žalių baltymų ir 43 % baltymų sausoje medžiagoje [10].

Hermetia illucens lervų lipidų ekstrahavimas paprastai atliekamas heksanu. Tačiau siekiama pakeisti šiuos kenksmingus tirpiklius. Tirpikliu 2-metiltetrahidrofuranu pavyko ekstrahuoti netgi didesnę laisvųjų riebalų rūgščių ir vertingų fosfolipidų kiekį, lyginant su heksanu. Todėl lipidų

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

ekstrahavimas 2-MeTHF gali būti laikomas tinkama, ekologiškesne alternatyva ekstrahavimui heksanu [1, 11].

Naminių gyvūnų šėrimo tyrimai rodo, kad lervų pagrindu pagamintų pašarų maistinė vertė buvo lygiavertė pašarams iš sojų pupelių – vištų dėslumas nesumažėjo. Taigi, sojų pupelių pagrindu pagamintus pašarus galima visiškai pakeisti musių miltais ir riebalais [12].

Juodųjų plokščiamusių lervų atsiradimas kaip viena iš svarbiausių žiedinės ekonomikos kūrimo priemonių leido jas panaudoti keliose srityse, tokiose kaip biologinis rafinavimas, atliekų tvarkymo valorizavimas, pramonės šalutinių produktų apdorojimas ir žemės ūkio likučių biokonversija. Pirminė operacija po vabzdžių surinkimo yra devitalizacija, o tolesnis lervų apdorojimas priklauso nuo galutinio vabzdžių produkto panaudojimo.

Įprastas džiovinimas, džiovinimas mikrobangomis, nuplikymas, blanširavimas, užšaldymas taikomi kaip devitalizacijos metodai eutanazijai atlikti. Buvo įvertintas devitalizacijos metodų poveikis aliejaus, baltymų, antioksidantų ir chitino frakcijoms. Buvo tiriama neapdorotų lipidų išėiga, riebalų rūgščių profilis ir lipidų sudėtis. Riebalų rūgščių profilis buvo vienodas frakcijoms, kurios buvo devitalizuotos skirtingais metodais, o triacilgliceridai buvo pagrindinė lipidų klasė aliejaus frakcijoje. Nustatytas nuriebalintų miltų baltymų tirpumas esant skirtingam pH. Buvo analizuojami baltymų kokybės parametrai, tokie kaip baltymų dispersiškumo indeksas, ureazės aktyvumo indeksas ir tirpių baltymų frakcijų molekulinės masės pasiskirstymas. Užšaldyta frakcija pasižymėjo didžiausiu baltymų tirpumu visuose nagrinėjamuose pH diapazonuose. Buvo įvertintas vandenyje tirpių bioaktyvių junginių antioksidacinis pajėgumas. Chitino frakcijos buvo apibūdintos nustatant acetilinimo laipsnį. Taigi devitalizacijos metodai veikia pagrindines sudedamąsias dalis, išskyrus chitiną, todėl metodo pasirinkimas turėtų priklausyti nuo galutinio vabzdžių komponentų panaudojimo tikslo.

Juodosios plokščiamusės lervų biomasės komponentų analizė rodo, kad skirtingų partijų sudėtis gali skirtis, priklauso ir nuo augimo fazės, kuri svyruoja nuo lervos, priešlėliukės iki lėliukės stadijos. Taigi, nors musių lervų komponentų naudojimas maisto sistemose dar tik planuojamas, jau vyksta planingi sudėties, kokybės, savybių ir taikymo būdų maisto sistemose tyrimai.

2.2. Tyrimo objektai ir metodai

2.2.1. Mikrobiologinių tyrimų metodai

Tyrimai atlikti naudojant standartinius mikrobiologinius tyrimo metodus.

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

Bendras mikroorganizmų skaičius nustatytas sėjimo į Petri lėkšteles metodu, naudojant terpe bendram mikroorganizmų skaičiui nustatyti (Plate Count Agar, LAB M) pagal LST EN ISO 4833-1:2013 Maisto ir pašarų mikrobiologija. Bendrasis metodas. Kolonijų skaičiavimo 30 °C temperatūroje metodas.

Skiediniai sėjimui parenkami atsižvelgiant į numanomą užterštumą, kad kolonijų skaičius lėkštelėje būtų nuo 10 iki 300 kolonijų. Į dvi lėkšteles pilama po 1 ml pradinės suspensijos ar pasirinkto skiedinio ir sumaišoma su 12–15 ml ištirpintos ir atvėsintos iki 45 °C ± 1 °C temperatūros terpės. Maišant lėkštelę stumdoma 5 kartus vertikaliai, 5 kartus pasukama laikrodžio rodyklės kryptimi, stumdoma 5 kartus horizontaliai, 5 kartus pasukama prieš laikrodžio rodyklę ir paliekama sustingti ant horizontalaus paviršiaus.

Sustingus terpei, lėkštelės apverčiamos ir laikomos 72 h ± 3 h 30 °C temperatūros termostate. Lėkštelės nekraunamos daugiau kaip po šešias į aukštį. Lėkštelių krūvelės turi būti atskirtos viena nuo kitos ir nesiekti termostato sienelių ir viršaus.

Atskirų bakterijų nustatymas, kaip koliforminių bakterijų skaičius prie 37 °C, KSV/g; salmonelių aptikimas 25 g, bendras mezofilinių pieno rūgšties bakterijų skaičius, KSV/g, numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g, bendrasis sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų) skaičius, KSV/g, mielių skaičius, KSV/g, pelėsinių grybų skaičius, KSV/g, monocitogeninių listerijų (*Listeria monocytogenes*) aptikimas prie 37 °C, 25 g, atliktas naudojant šiuos tyrimo metodus: LST EN ISO 11133:2014 Maisto, pašarų ir vandens mikrobiologija. Mitybos terpių ruošimas, gamyba, laikymas ir veiksmingumo tyrimas (ISO 11133:2014, pataisyta 2014-11-01 versija). LST EN ISO 6887-1:2017 Maisto grandinės mikrobiologija. Tiriamųjų mėginių, pradinės suspensijos ir dešimtkarčių skiedinių ruošimas mikrobiologiniams tyrimams. 1 dalis. Pradinės suspensijos ir dešimtkarčių skiedinių ruošimas. Bendrosios taisyklės (Tapati ISO 6887-1:2017). LST ISO 4832:1999 Mikrobiologija. Koliforminių bakterijų skaičiavimas. Kolonijų skaičiavimo metodas. LST EN ISO 4833-1:2013 Maisto ir pašarų mikrobiologija. Bendrasis metodas. Kolonijų skaičiavimo 30 °C temperatūroje metodas.

LST ISO 16649-2:2002 Maisto ir pašarų mikrobiologija. Bendrasis β -gliukuronidazę gaminančių žarninių lazdelių (*Escherichia coli*) skaičiavimo metodas. 2 dalis. Kolonijų skaičiavimo 44°C temperatūroje, naudojant 5-brom-4-chlor-3-indolil β -D-gliukuronidą, metodas.

LST ISO 21527-1:2008 Maisto ir pašarų mikrobiologija. Bendrasis bendrasis mielių ir pelėsinių grybų skaičiavimo metodas. 1 dalis. Kolonijų skaičiavimo būdas produktuose, kurių vandens aktyvumas didesnis kaip 0,95 (tapatus ISO 21527-1:2008).

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

LST ISO 21527-2:2008 Maisto ir pašarų mikrobiologija. Bendrasis mielių ir pelėsinių grybų skaičiavimo metodas. 2 dalis. Kolonijų skaičiavimo būdas produktuose, kurių vandens aktyvumas yra 0,95 arba mažesnis (tapatus ISO 21527-2:2008).

LST EN ISO 6579-1:2017 Maisto grandinės mikrobiologija. Bendrasis salmonelių aptikimo, skaičiavimo ir serotipavimo metodas. 1 dalis. Salmonelių (*Salmonella* ssp.) aptikimas (tapatus ISO 6579-1:2017)

LST EN ISO 11290-1:2017 Maisto grandinės mikrobiologija. Bendrasis monocitogeninių listerijų (*Listeria monocytogenes*) ir kitų listerijų rūšių aptikimo ir skaičiavimo metodas. 1 dalis. Aptikimo metodas.

LST ISO 29981:2010 Pieno gaminiai. Numanomų bifidobakterijų skaičiavimas. Kolonijų skaičiavimo 37 °C temperatūroje būdas (tapatus ISO 29981:2010).

2.2.2. Cheminių tyrimų metodai

Drėgmės ir lakiųjų medžiagų kiekis, % (LST EN ISO 662:2016, p.8).

Bendrasis riebalų kiekis, % sočiųjų riebalų rūgščių, % mononesočiųjų riebalų rūgščių, % polinesočiųjų riebalų rūgščių, % *Trans* riebalų rūgščių, % (LST ISO 1443:2000; LST EN ISO 12966-1:2015; LST EN ISO 12966-2:2017).

Riebalų rūgščių sudėtis, % bendro rūgščių kiekio: (LST EN ISO 12966-1:2015 LST EN ISO 12966-2:2017).

Rūgštingumas pagal oleino rūgštį (laisvųjų riebalų rūgščių kiekis), %; Rūgščių skaičius, mg KOH/g (LST EN ISO 660:2020, p.9.1).

Nesumuilinamų medžiagų kiekis, g/kg (LST EN ISO 3596:2003).

Netirpių priemaišų kiekis, % (LST EN ISO 663:2009).

Jodo skaičius, g I/100 g (LST EN ISO 3961:2013).

Fosforo kiekis, mg/kg (AOAC 970.39, 15 leid.).

Hidrolizės skaičius, mg KOH/g (ISO 3657:2020).

Histamino kiekis, mg/kg (LST EN ISO 19343:2017; Histamino kiekio nustatymas. Efektyviosios skysčių chromatografijos metodas).

Peroksidų skaičius, mekv/kg (LST EN ISO 3960:2017).

Riebalų rūgštingumas (laisvųjų riebalų rūgščių kiekis) pagal oleino rūgštį, % riebaluose Rūgščių skaičius, mg KOH/g riebalų (LST EN ISO 660:2020, p.9.1).

Amino rūgščių kiekio nustatymas amino rūgščių analizatoriumi.

pH 10 % (LST ISO 1842:1997).

Drėgmės kiekis, % (LST ISO 1442:2000).

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

Azoto kiekis, % (LST ISO 937:2000).

Baltymų kiekis, % (Apskaičiuotas azoto kiekį padauginus iš koeficiento 6,25 (Europos Parlamento ir Tarybos Reglamentas (ES) Nr. 1169/2011, I priedas, 10 p.).

Bendrasis pelenų kiekis, % (LST ISO 936:2000).

Skaidulinių medžiagų kiekis, % (AOAC 985.29, 1990).

Bendras angliavandenių kiekis, %, (Angliavandenių (išskyrus skaidulines medžiagas) kiekis, %, Apskaičiuotas iš skirtumo pagal „Maisto produktų sudėtis“, 2002, Vilnius).

Kalcio kiekis, mg/100 g (LST ISO 6490-1:1999).

Bendrojo fosforo kiekis, % (LST ISO 2294:2000).

Geležies kiekis, mg/100 g (GOST 26928-86).

100 g energinė vertė, kcal; 100 g energinė vertė, kJ (Skaičiavimas pagal Reglamentą (ES) Nr. 1169/2011, XIV priedas).

2.2.3. Modelinių sistemų ruošimas

Baltymų kompozicijos

Mėginiai su musių lervų baltymų milteliais. Visų, toliau išvardintų variantų, mėginių paruošta po 6 vnt., kiekvienas svėrė po 150g.

Bandiniai pagaminti tokiu nuoseklumu:

1. Kontrolinis bandinys (tik mėsos analogo matrica)
2. Mėsos analogo matrica + 1% lervų baltymų
3. Mėsos analogo matrica + 3% lervų baltymų
4. Mėsos analogo matrica + 5% lervų baltymų

Mėsos analogo matricos sudėtis:

Žirnių baltymai 27,1%

Vanduo 54,2%

Žirnių skaidulos 0,90%

Rapsų aliejus 16,8%

Metilceliulozė 1,0%

Riebalų kompozicijos

Pagaminti dviejų rūšių mėginiai, vienuose 30%, kituose 50% rapsų aliejaus pakeista lervų riebalais.

1. MA+LR 30%

Žirnių baltymai 27,1%

Vanduo 54,2%

Žirnių skaidulos 1,9%

Rapsų aliejus 11,76%

Lervų baltymai 5,04%

2. MA+LR 50%

Žirnių baltymai 27,1%

Vanduo 54,2%

Žirnių skaidulos 1,9%

Rapsų aliejus 8,4%

Lervų baltymai 8,4%

3. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

3.1. Juodosios plokščiamusės, (*Hermetia illucens*) biomasės sudėtis

Hermetia illucens lervų biomasės komponentų analizė rodo, kad biomasės sudėtis priklauso ir nuo pašarų, ir nuo kitų auginimo niuansų, nes lervos minta tiek augaliniu, tiek ir gyvūniniu maistu ir gali gana stipriai įtakoti tiek substrato mikrofloros pokyčius, tiek ir pačių lervų žarnyno mikrobiotą, o tuo pačiu ir biomasės išėigos pokyčius.

Džiovinėtų presuotų juodosios plokščiamusės lervų sausa biomasė turtinga baltymais (Lentelė 3.1.1), sausoje medžiagoje jų rasta 59,42 %, o baltymų kiekis sausojoje neriebalinėje medžiagoje siekia 65,63 %. Kitas komponentas, bendrasis angliavandenių kiekis, sudaro 22,11 %, o riebalų yra 8,97 %.

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

Lentelė 3.1.1. Džiovinėtų presuotų juodosios plokščiamusės lervų biomasės komponentų analizė.

Rodiklis	Rezultatas
Drėgmės kiekis, %	5,25
Bendrasis riebalų kiekis, %	8,97
Azoto kiekis, %	9,00
Baltymų kiekis, %	56,3
Baltymų kiekis sausojoje medžiagoje, %	59,42
Baltymų kiekis sausojoje neriebaliinėje medžiagoje, %	65,63
Bendrasis pelenų kiekis, %	7,37
Bendrasis angliavandenių kiekis, %	22,11

Juodosios plokščiamusės lervų biomasės atliekose (Lentelė 3.1.2) rasti reikšmingi bifidobakterijų kiekiai, todėl keliami hipotezė, kad lervų komponentai gali teigiamai veikti mikrobiotos sistemą.

Lentelė 3.1.2. Juodosios plokščiamusės lervų biomasės atliekų mėginių bifidobakterijų tyrimai

Rodiklis	Rezultatas
Numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g	$5,4 \times 10^7$
Numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g	$1,1 \times 10^8$
Numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g	$8,4 \times 10^7$

3.2. Lervų biomasės baltyminės frakcijos analizė, baltymų amino rūgščių sudėtis ir maistingumo savybės

Juodosios plokščiamusės lervų biomasės baltyminės frakcijos tyrimų rezultatai (Lentelė 3.2.1) rodo, kad joje lieka dar 12,7 % riebalų, kurių kokybę apibūdina tai, kad juose visiškai nėra trans riebalų rūgščių, yra ir vertingų mononesočiųjų riebalų rūgščių, nors dominuoja gyvūniniams riebalams būdingos sočiosios riebalų rūgštys (9,22) %.

Sveikos mitybos požiūriu vertingas ir skaidulinių medžiagų kiekis (5,3%). Nustatytas reikšmingas kiekis geležies, fosforo, kalcio. Angliavandeniai be skaidulinių medžiagų sudaro 18,95 %, jų sudėtyje dominuoja egzoskeleto medžiaga chitinas.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Lentelė 3.2.1. Juodosios plokščiamusės biomasės baltyminės frakcijos charakteristika

Rodiklis	Rezultatas
pH 10 %	6,46
Drėgmės kiekis, %	5,6
Bendrasis riebalų kiekis, %	12,7
sočiųjų riebalų rūgščių, %	9,22
mononesočiųjų riebalų rūgščių, %	2,51
polinesočiųjų riebalų rūgščių, %	0,96
<i>Trans</i> riebalų rūgščių, %	0,00
Azoto kiekis, %	8,13
Baltymų kiekis, %	50,8
Bendrasis pelenų kiekis, %	6,65
Skaidulinių medžiagų kiekis, %	5,3
Bendras angliavandenių kiekis, %	24,25
Angliavandenių (išskyrus skaidulines medžiagas) kiekis, %	18,95
Kalcio kiekis, mg/100 g	779
Bendrojo fosforo kiekis, %	1,13
Geležies kiekis, mg/100 g	19,0

Juodosios plokščiamusės lervų biomasės baltyminės frakcijos energinės vertės tyrimų rezultatai (Lentelė 3.2.1) rodo, kad 100 g energinė vertė siekia 430 kcal, arba 1808 KJ, taigi maisto sistemų praturtinimas tokiomis savybėmis pasižyminčiais komponentais padidina jų maistinę vertę.

Lentelė 3.2.2. Juodosios plokščiamusės biomasės baltyminės frakcijos sudėties ir energinės vertės rodikliai

Rodiklis	Rezultatas
Drėgmės kiekis, %	5,0
Bendrasis riebalų kiekis, %	16,2
Baltymų kiekis, %	52,6
Bendrasis pelenų kiekis, %	7,42
Skaidulinių medžiagų kiekis, %	0,5
Bendras angliavandenių kiekis, %	18,78
Angliavandenių (išskyrus skaidulines medžiagas) kiekis, %	18,28
100 g energinė vertė, kcal	430
100 g energinė vertė, kJ	1808
pH	6,80

Žmogaus mityboje baltymai yra aminorūgščių šaltinis. Ne visų aminorūgščių randame skirtinguose maisto produktuose, kai kurios iš jų yra nepakeičiamosios aminorūgštys – tai tokios aminorūgštys, kurios turi būti gaunamos su maistu, nes jos organizme nesintetinosios arba sintetinosios nepakankami jų kiekiai. Kai kurios nepakeičiamosios aminorūgštys vartojamos sintetinant pakeičiamąsias peramininimo būdu. Žmogaus organizmui nepakeičiamos aminorūgštys yra fenilalaninas, histidinas, izoleucinas, leucinas, lizinas, metioninas, treoninas, triptofanas ir valinas. Šešių aminorūgščių sintezė tam tikromis sąlygomis gali būti nepakankama, tai yra argininas, cisteinas, glicinas, glutaminas, prolinas ir tirozinas. Pakeičiamosios

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

aminorūgštys žmogaus organizme yra alaninas, asparto rūgštis, asparaginas, glutamo rūgštis ir serinas. Įvertinus lervų baltymų aminorūgščių visumą, galima konstatuoti, kad juose yra visos nepakeičiamos aminorūgštys (Lentelė 3.2.3) ir beveik visos (išskyrus cisteiną), kurių organizmas gali sintetinti nepakankamai. Taigi, lervų baltymų priedai maisto sistemose gali padėti subalansuoti ir optimizuoti aminorūgščių sudėtį bei padaryti maisto sistemą pilnaverte.

Lentelė 3.2.3. Juodosios plokščiamusės biomasės baltyminės frakcijos amino rūgščių sudėties rodikliai

Rodiklis	Rezultatas
Amino rūgščių kiekis, g/100 g produkto:	
Asparto rūgštis	4,42
Glutamo rūgštis	5,61
Serinas	2,09
Glicinas	2,17
<i>Histidinas</i>	0,39
<i>Treoninas</i>	1,65
Alaninas	3,72
Argininas	2,37
Prolinas	3,20
Cisteinas	0,00
Tirozinas	2,33
<i>Valinas</i>	2,05
<i>Metioninas</i>	1,26
<i>Lizinas</i>	1,65
<i>Izoleucinas</i>	2,76
<i>Leucinas</i>	1,92
<i>Fenilalaninas</i>	2,07
<i>Triptofanas</i>	1,99

Kitų baltymų mėginių analizė patvirtino, kad ir jose cisteino trūkumas yra pasikartojanti problema (Lentelė 3.2.4).

Lentelė 3.2.4. Juodosios plokščiamusės biomasės baltyminės frakcijos baltymų, azoto ir amino rūgščių sudėties rodikliai

Rodiklis	Rezultatas
Amino rūgščių kiekis, g/100 g produkto:	
Asparto rūgštis	4,76
Glutamo rūgštis	6,05
Serinas	2,27
Glicinas	2,47
Histidinas	1,33
Treoninas	1,97
Alaninas	3,92
Argininas	2,47
Prolinas	1,61
Cisteinas	0,00
Tirozinas	2,84
Valinas	2,23
Metioninas	0,90
Lizinas	2,94
Izoleucinas	3,11

Analizuojant juodosios plokščiamusės lervų biomasės riebalų frakciją (Lentelė 3.2.5) nustatyta riebalų rūgščių sudėtis. Į riebalų sudėtį įeinančios riebalų rūgštys skirstomos į vandenilio atomų prisotintas ir neprisotintas riebalų rūgštis. Pastarosios dar skirstomos į mononesočias, su viena

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Leucinas	2,15
Fenilalaninas	2,52
Triptofanas	2,04
Azoto kiekis, %	8,41
Baltymų kiekis, %	52,6

neprisotintą jungtimi, ir polinesočias riebalų rūgštis su daugiau neprisotintų jungčių.

Sočiosios ir mononesočiosios riebalų rūgštys žmogaus organizmui yra tik vienas iš energijos šaltinių. O polinesočios riebalų rūgštys turi būti gaunamos su maistu, nes organizme negaminamos, tai omega-6 (linolo) ir omega-3 (α linoleno rūgštis) riebalų rūgštys.

Tyrimo metu įvertinti daugelio riebiųjų rūgščių kiekiai.

Nors maisto produktų mitybinė vertė nėra ribojama teisės aktais, orientyru, koks turėtų būti inovatyvus, sveikatai palankus maisto produktas, galima laikyti Europos komisijos reglamento (EB) Nr. 2017/1798 4 skyrių, kuriame nurodomi reikalavimai inovatyvaus maisto produkto sudėtyje esantiems lipidams. Minėtame reglamente svarbiausi maistingumo aspektai yra tokie:

1. linoleno riebalų rūgštis kiekis visos paros racionui turi būti ne mažesnis kaip 11 g, o α -linoleno - 1,4 g ;
2. Baltymų kiekis visos paros racione turėtų būti 75 - 105 g.;
3. Angliavandenių visos paros racione turi būti ne mažiau kaip 30 gramų.

Juodosios plokščiamusės biomasės baltyminėje frakcijoje nustatyta 12,7 % riebalų, kurių 9,22% sudaro sotieji riebalai, 2,51% mononesotieji, o 0,96% – polinesotieji riebalai. Tyrimo metu *trans* riebalų neaptikta. Išsamus baltymų frakcijoje esančių riebalų rūgščių profilis pateiktas 3.2.5 lentelėje. Didžiąją dalį riebalų frakcijos sudaro lauro riebalų rūgštis (C12:0). Ši rūgštis priskiriama vidutinio ilgio grandinės rūgštims, kambario temperatūroje yra kietos būsenos, jos gausu kokosų ir palmių branduolių aliejuose. Taip pat lauro rūgštis naudojama įvairiais kosmetiniais tikslais, pavyzdžiui, gydant aknę, nes turi augimą slopinantį poveikį prieš *Propionibacterium acnes*. [14] Taip pat reikšmingu kiekiu pasižymi palmitino (C16:0), oleino (C18:1), miristo (C14:0), linoleno (C18:2) ir palmitoleinė (C16:1) riebalų rūgštis.

Iš minėtų riebalų rūgščių reikšmingiausia yra linoleno riebalų rūgštis, kuri priskiriama omega-6 riebalų rūgštims, t.y., yra viena iš nepakeičiamųjų riebalų rūgščių, kurių žmonės privalo gauti su maistu. Jos kiekis juodosios plokščiamusės biomasės baltyminėje frakcijoje sudaro 0,86 gramo 100-te gramų produkto, kai per parą su maistu rekomenduojama gauti 11 gramų šios riebalų rūgštis.

Palmitino riebalų rūgštis – tai sočioji riebalų rūgštis, žmogaus riebaluose ji yra pagrindinė sočioji riebalų rūgštis (sudaranti iki 30 – 35 proc.). Ši riebalų rūgštis labai svarbi žmogaus organizme, nes turi gebėjimą padidinti didelio tankio cholesterolio kiekį, nedarant įtakos bendro cholesterolio ir

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

didelio tankio cholesterolio santykiui bei itin svarbi moterų mityboje laktacijos periodu, kaip dalyvaujanti pieno formavimesi [15]. Oleino rūgštis pasižymi priešuždegiminiu poveikiu, nes atlieka svarbų vaidmenį aktyvinant skirtingus imuninio atsako kelius. [16] Miristo riebalų rūgštis naudojama maisto pramonėje kaip kvapiųjų medžiagų sudedamoji dalis. Ji plačiai paplitusi augalų ir gyvūnų karalystės riebaluose, įskaitant įprastus žmonių maisto produktus, pvz., muskato riešutą. Nors šios riebalų rūgšties palankumas sveikatai nėra nustatytas, bet ji yra ir nepavojinga tiesioginiam vartojimui. [17] Mononesočioji riebalų rūgštis – palmitoleino rūgštis yra viena gausiausių riebalų rūgščių serume ir audiniuose, ypač riebaliniame audinyje ir kepenyse. Nors *trans*-palmitoleatas sintetinamas ir žmonių organizme, daugiausia jo su maistu gaunama iš atrajotojų riebalų ir pieno produktų. Atliekami tyrimai siekiant išsiaiškinti, ar palmitoleino rūgšties išsiskyrimo iš riebalinio audinio skatinimas, jo vartojimas su maistu ir jo papildai gali būti naudojami medžiagų apykaitos sutrikimams gydyti arba jų prevencijai [18].

Nedideliais kiekiais rastos ir kitos riebalų rūgštys: stearino riebalų rūgštis (C18:0), kaprono riebalų rūgštis (C10:0), α -linoleno (C18:3), miristolo (C14:1) ir heinekozilo riebalų rūgštis (C21:0). Taip pat rasti pėdsakai (nykstamai maži kiekiai) šių riebalų rūgščių: tridecilo (C13:0), pentadecilo (C15:0), margaro (C17:0), oleino (C18:1 *trans*), arachido (C20:0) eikozeno (C20:1).

Reikšmingiausia iš nedominuojančių riebalų rūgščių yra α -linoleno. Ji priskiriama omega 3 riebalų rūgštims, kurios taip pat yra nepakeičiamosios ir žmogaus mityboje turi būti gaunamos su maistu. Ši rūgštis juodosios plokščiamusės biomasės baltyminėje frakcijoje sudaro apie 0,1 gramo 100-te gramų produkto, kai per parą su maistu rekomenduojama gauti 1,4 gramo šios riebalų rūgšties.

Tyrimų duomenys rodo, kad kaprono riebalų rūgštis, taip pat kaip ir lauro rūgštis, veikia baktericidiškai ir priešuždegimiškai. Priešuždegiminis poveikis iš dalies gali pasireikšti slopinant NF- κ B aktyvaciją ir MAP kinazių fosforilinimą [19]. Naujausi moksliniai tyrimai atlikti su laboratorinėmis pelėmis kelia hipotezę, kad miristolo riebalų rūgštis gali turėti teigiamą poveikį gydant nutukimą [20].

Juodosios plokščiamusės biomasės baltyminėje frakcijoje riebalai sudaro nedidelę dalį, ir nors maždaug pusė produkte esančių riebalų yra sotieji, jie nepasižymi neigiama įtaka širdies ir kraujagyslių ar kitoms žmogaus fiziologinėms sistemoms, todėl daroma išvada, kad baltyminė frakcija gali būti naudojama ir be tolimesnio riebalų frakcijos modeliavimo.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Lentelė 3.2.5. Juodosios plokščiamusės biomasės baltyminės frakcijos riebalų rūgščių sudėties rodikliai

Rodiklis	Rezultatas	Rodiklis	Rezultatas
Riebalų rūgščių sudėtis, % bendro rūgščių kiekio:		Riebalų rūgščių sudėtis, % bendro rūgščių kiekio:	
C 4:0	0,00	C 18:3 W 6	0,00
C 6:0	0,00	C 18:3 trans	-
C 8:0	0,00	C 18:4 W 3	-
C 10:0	1,18	C 20:0	0,08
C 12:0	46,50	C 20:1	0,02
C 13:0	0,05	C 20:2	0,00
C 14:0	7,32	C 20:3 n 3 W 3	0,00
C 14:1	0,34	C 20:3 n 6 W 6	0,00
C 15:0	0,03	C 20:4 W 6	0,00
C 15:1	0,00	C 20:5 EPA	0,00
C 16:0	15,43	C 21:0	0,18
C 16:1	5,37	C 22:0	0,00
C 16:2 W 6	-	C 22:1	0,00
C 17:0	0,03	C 22:2 W 6	0,00
C 17:1	0,00	C 22:4 W 6	0,00
C 18:0	1,82	C 22:5 DPA	0,00
C 18:1	14,05	C 22:6 DHA	0,00
C 18:1 trans	0,01	C 23:0	0,00
C 18:2 W 6	6,81	C 24:0	0,00
C 18:2 trans	0,00	C 24:1	0,00
C 18:3 W 3	0,78	C 24:6	-

Literatūros duomenimis [2] augimo metu lervos gali slopinti kai kuriuos mikroorganizmus ir keisti substrato mikrobiotos sudėtį, nes išskiria antimikrobines medžiagas. Apdorojant lervų biomasę, naudojama ir aukšta temperatūra, taigi, tikėtina, kad dalis lervų mikrobiotos bus sunaikinta, o produkto sauga bus užtikrinta. Baltyminės frakcijos mikrobiologinių rodiklių analizė (Lentelė 3.2.6) parodė, kad pagrindiniai saugos rodikliai užtikrinami. Koliforminių bakterijų skaičius produkte ar aplinkoje apibūdina gamybos sanitarines sąlygas, baltymų frakcijoje koliforminių bakterijų nerasta nei tyrimo pradžioje, nei po išlaikymo, salmonelės ir *Listeria monocytogenes*, tirtos aptikimo būdu, taip pat nenustatytos. Baltyminėje frakcijoje nerasta mezofilinių pieno rūgšties bakterijų ir numanomų bifidobakterijų. Sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų) skaičius taip pat rodo gamybos sanitarines sąlygas, nes tai yra indikatorinis mikroorganizmas, jų baltymų frakcijoje neaptinkta. Pelėsinų grybų tyrimo pradžioje buvo rastas minimalus skaičius, po išlaikymo jų dar ir sumažėjo, nes sausoje medžiagoje (drėgmės kiekis 5,6 %) mikroorganizmai, taip pat ir mikroskopiniai grybai, nesidaugina. Mielių taip pat neaptikta, nes terminis procesas jas sunaikino, o antrinio užteršimo išvengta. Taigi, juodosios plokščiamusės lervų biomasės baltyminėje frakcijoje analizuotų mikroorganizmų grupių atstovai neaptinkami, bet bendras mikroorganizmų skaičius gana didelis, siekiantis $10^5 - 10^6$, tikėtina, kad tai

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

technologinį procesą atlaikę sporiniai ar termoatsparūs mikroorganizmai. Kadangi tarp jų nenustatytos tirtos patogeninės bakterijos, galima teigti, kad ši žaliava epidemiologinio pavojaus nekelia, bet, atsiradus pakankamam vandens kiekiui, galimas jų dauginimasis, perėjus iš anabiozės būsenos į aktyvią.

Lentelė 3.2.6. Juodosios plokščiamusės biomasės baltyminės frakcijos mikrobiologiniai rodikliai šviežiuose ir išlaikytuose mėginiuose

Rodiklis	Švieži baltymai	Rezultatas po 12 mėn. išlaikymo
Mikroorganizmų skaičius, KSV/g	$(9,2 \pm 2,8) \times 10^5$	$(2,1 \pm 0,5) \times 10^6$
Koliforminių bakterijų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Salmonelių aptikimas 25 g	Neaptikta	Neaptikta
Monocitogeninių listerijų (<i>Listeria monocytogenes</i>) aptikimas prie 37 °C 25 g	Neaptikta	Neaptikta
Bendras mezofilinių pieno rūgšties bakterijų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Bendras sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų) skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Pelėsinų grybų skaičius, KSV/g	$(5,5 \pm 1,7) \times 10^1$	Yra, bet $< 4,0 \times 10^1$
Mielių skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$

3.3. Vabzdžių lervų biomasės riebalų frakcijos riebalų rūgščių sudėties tyrimai, biologiškai aktyvių medžiagų santykinis įvertinimas, riebalų oksidacinio stabilumo ir poveikio mikroorganizmams nustatymas.

Riebalų frakcija yra vienas iš juodosios plokščiamusės lervų biomasės perdirbimo produktų. Analizuojant jų rodiklius po pagaminimo ir po išlaikymo (Lentelė 3.3.1), galima konstatuoti, kad tai yra vertingas ir stabilus produktas, nes jame randama ir būtinų organizmui polinesočiųjų riebalų rūgščių (apie 9 %). Riebalų vertę didina ir tai, kad juose *trans* riebalų rūgščių aptinkami tik pėdsakai.

Analizuojant riebalų rūgščių sudėtį verta atkreipti dėmesį į PSO rekomenduojamą omega 6 ir omega 3 riebalų rūgščių santykį, kuris turėtų svyruoti nuo 1:1 iki 1:4. Skaičiuojama, kad Šiaurės Europos gyventojų racione šis santykis yra apie 15:1. Taip pat svarbu ir adekvatus omega 9 riebalams priskiriamų riebalų rūgščių suvartojimas nes jos didina didelio tankio cholesterolio kiekį, mažina mažojo tankio cholesterolio kiekį bei yra labai svarbios tinkamoms smegenų funkcijoms užtikrinti. Remiantis reguliacinėmis rekomendacijomis omega 3 riebalų rūgščių per dieną žmogus turi suvartoti ne mažiau kaip 1,4 gramo, omega 6 – ne mažiau kaip 11 gramų.

Vabzdžių lervų biomasės riebalų frakcijos sudėties tyrimai parodė, kad beveik visą produkto kiekį sudaro riebalai (99,82%). Pagal galiojančius (ES) 2019/649 reglamento reikalavimus *trans* riebalų kiekis negali viršyti 2g/100 g produkto. Iš 3.3.1 lentelėje pateiktų tyrimo duomenų matyti,

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

kad *trans* riebalai lervų biomasės riebalų frakcijoje sudaro tik 0,01%, todėl pagal šį rodiklį produktas atitinka jam keliamus reikalavimus tiek jam esant šviežiai pagamintam, tiek po 389 dienų išlaikymo. Nors lervų riebalų kokybė nėra atskirai reglamentuojama, siekiant sudaryti cheminių žymenų profilį šiam produktui, galima remtis reikalavimais, taikomais kitiems riebalams.

Pagal Komisijos įgyvendinimo reglamentą (ES) 2019/110, taikomą naujam aliejui, žinoma, kad nemuulinamoji medžiaga sudaro ne daugiau kaip 1,0 % visų riebalų rūgščių masinės dalies arba 10 g/kg, hidrolizės skaičius neturi viršyti 185–198 mg KOH/g, o pagal komisijos reglamento (EEB) Nr. 2568/91 reikalavimus, taikomus alyvuogių aliejams didžiausias leistinas peroksidų skaičius yra 20 mekv/kg, rūgštingumas – mažiau nei 2%, rūgščių skaičius – iki 3,3 mg KOH/g. Remiantis pateiktais rodikliais galima sudaryti orientacines gaires lervų riebalų cheminių rodiklių profiliui.

Pagal tyrimų duomenis ir orientacinius leistinus medžiagų kiekius reglamentuose matyti, kad peroksidų skaičius, rūgštingumas pagal oleino rūgštį, rūgščių skaičius, nemuulinamosios medžiagos dalis ir rūgščių skaičius neviršija kitiems riebalams taikomų kokybės reikalavimų, todėl galima daryti išvadą, kad tokie rodikliai būtų pakankami siekiant užtikrinti kokybiško produkto tiekimą rinkai. Reglamentuose apibrėžiamas ribas viršija tik hidrolizės skaičius – maksimali minima riba 198 mg KOH/g, tiriamajame bandinyje – 217. Tai gali būti ne yda, o gaminio ypatybė, tačiau teikiama rekomendacija peržiūrėti gamybos technologiją ir, įvertinus visus galimus rizikos veiksnius (vandens kiekį, fermentų aktyvumą ir temperatūrinį režimą), pakartoti tyrimą. Aukštas (arba didėjantis laikymo metu) hidrolizės skaičius sufleruoja apie prasidėjusį riebalų gedimo procesą ir turi įtakos juslinėms savybėms – riebalai apkarsta, atsiranda specifinis, nebūdingas, nemalonus kvapas, todėl šis rodiklis yra labai svarbus riebalų kokybės kontrolės žymuo.

Lentelė 3.3.1 Vabzdžių lervų biomasės riebalų frakcijos sudėties ir kokybės rodikliai.

Rodiklis	Rezultatas	Rezultatas po 389 parų laikymo
Drėgmės ir lakiųjų medžiagų kiekis, %	0,18	0,14
Riebalų kiekis, %, iš kurių:	99,82	99,84
sočiųjų riebalų rūgščių, %	68,98	69,99
mononesočiųjų riebalų rūgščių, %	21,46	20,87
polinesočiųjų riebalų rūgščių, %	9,36	8,98
<i>Trans</i> riebalų rūgščių, %	0,01	0,01
Peroksidų skaičius, mekv/kg	1,1	3,0
Rūgštingumas pagal oleino rūgštį (laisvųjų riebalų rūgščių kiekis), %	0,75	0,85
Rūgščių skaičius, mg KOH/g	1,50	1,69
Nesumuilinamų medžiagų kiekis, g/kg	9,8	11,2
Netirpių priemaišų kiekis, %	0,06	0,08
Jodo skaičius	35,5	34,26
Fosforo kiekis, mg/kg	1357	2398
Hidrolizės skaičius, mg KOH/g	217	223

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

Išanalizuota ir riebalų rūgščių sudėtis, procentai nuo bendro rūgščių kiekio, duomenys pateikiami 3.3.1 lentelėje.

Kadangi baltymų frakcijoje esantys riebalai yra tų pačių riebalų, esančių riebalų frakcijoje likučiai, atlikus riebalų frakcijos riebalų rūgščių sudėties analizę (pateiktą 3.3.2 lentelėje) stebimos panašios tendencijos, aptartos analizuojant baltymų frakcijos riebalų sudėtį. Didžiausią riebalų rūgščių dalį sudaro sočiosios riebalų rūgštys - lauro riebalų rūgštis (C12:0), palmitino (C16:0), miristo (C14:0) riebalų rūgštys. Taip pat reikšmingu kiekiu pasižymi oleino (C18:1), linoleno (C18:2) ir palmitoleinė (C16:1) riebalų rūgštys.

Riebalų frakcijoje beveik visą masės dalį sudaro riebalai, o reikšmingiausia riebalų rūgštis - linoleno riebalų rūgštis, priklausanti omega 6 riebalų rūgščių grupei, riebalų frakcijoje sudaro 8,77%, kai rekomenduojama per parą suvartoti 11 gramų šios rūgšties.

Didelė sočiųjų riebalų rūgščių dalis lemia ir tai, kad kambario temperatūroje tokie riebalai yra kieto pavidalo, taip pat, sočiosios riebalų rūgštys yra atsparesnės oksidacijai, hidrolizei ir kitiems gedimo procesams. Nors įprastai sočiosios riebalų rūgštys laikomos nepalankiomis sveikatai, iš 3.3.2 lentelėje pateikto riebalų rūgščių profilio matyti, kad didžiąją vabzdžių lervų biomasės riebalų frakcijos dalį sudaro sveikatai neutralios riebalų rūgštys, tokios kaip anksčiau aptartos lauro, palmitino ir miristo riebalų rūgštys.

Daroma išvada, kad siekiant didesnio riebalų rūgščių subalansavimo, palankumo sveikatai ir priimtinesnio technologinio panaudojimo savybių rekomenduojama vabzdžių lervų biomasės riebalų frakciją maišyti su didesniu nesotumo laipsniu pasižyminčiais augaliniais aliejais. Taip gali būti išgaunami technologiškai ir mitybine prasme patrauklesni produktai.

Lentelė 3.3.2 Vabzdžių lervų biomasės riebalų frakcijos riebalų rūgščių sudėtis

Rodiklis	Rezultatas	Rodiklis	Rezultatas
Riebalų rūgščių sudėtis, % bendro rūgščių kiekio:		Riebalų rūgščių sudėtis, % bendro rūgščių kiekio:	
C 4:0	0,00	C 18:3 W 6	0,00
C 6:0	0,00	C 18:3 trans	0,00
C 8:0	0,00	C 18:4 W 3	0,00
C 10:0	0,67	C 20:0	0,06
C 12:0	40,93	C 20:1	0,00
C 13:0	0,00	C 20:2	0,00
C 14:0	6,49	C 20:3 n 3 W 3	0,00
C 14:1	0,27	C 20:3 n 6 W 6	0,00
C 15:0	0,06	C 20:4 W 6	0,00
C 15:1	0,00	C 20:5 EPA	0,00
C 16:0	19,11	C 21:0	0,00
C 16:1	3,89	C 22:0	0,00
C 16:2 W 6	0,00	C 22:1	0,00
C 17:0	0,05	C 22:2 W 6	0,00
C 17:1	0,00	C 22:4 W 6	0,00

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

C 18:0	1,73	C 22:5 DPA	0,00
C 18:1	17,34	C 22:6 DHA	0,00
C 18:1 trans	0,01	C 23:0	0,00
C 18:2 W 6	8,79	C 24:0	0,00
C 18:2 trans	0,00	C 24:1	0,00
C 18:3 W 3	0,59	C 24:6	0,00

Buvo tiriamos trys riebalų frakcijos. Mikrobiologinių rodiklių analizė (Lentelė 3.3.3) parodė, kad pagrindiniai saugos rodikliai užtikrinami. Kokybiški riebalai yra pirmos frakcijos, daugiausiai priemaišų turi trečia frakcija. Nei vienoje iš trijų frakcijų koliforminių bakterijų nerasta nei tyrimo pradžioje, nei po išlaikymo, salmonelės ir *Listeria monocytogenes*, tirtos aptikimo būdu, taip pat nenustatytos. Riebaluose nerasta mezofilinių pieno rūgšties bakterijų ir numanomų bifidobakterijų, sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų), pelėsinų grybų, mielių taip pat neaptikta, nes terminis procesas jas sunaikino, o antrinio užteršimo išvengiama dėl geros gamybos sanitarinės būklės. Taigi juodosios plokščiamusės lervų biomasės riebaluose analizuotų mikroorganizmų grupių atstovai neaptinkami, bendras mikroorganizmų skaičius kokybiškų riebalų frakcijoje nenustatytas, tik trečioje frakcijoje jis siekia 10^5 , tikėtina, dėl didesnio neriebalinių priemaišų kiekio.

Metų trukmės išlaikymas mikrobiologinių rodiklių nepablogino, taigi, riebalų frakcijos produktuose mikroorganizmai laikymo metu neturi galimybės daugintis.

Lentelė 3.3.3 Vabzdžių lervų biomasės riebalų skirtingų frakcijų mikrobiologiniai rodikliai

Rodiklis	Šviesi frakcija	Vidurinė frakcija	Tamsi frakcija	Šviesi frakcija po 12 mėn. laikymo
Mikroorganizmų skaičius, KSV/g	yra, bet $< 4,0 \times 10^1$	$4,0 \times 10^1$	$1,4 \times 10^5$	$5,0 \times 10^1$
Koliforminių bakterijų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Salmonelių aptikimas 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Monocitogeninių listerijų (<i>Listeria monocytogenes</i>) aptikimas prie 37 °C 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Bendras mezofilinių pieno rūgšties bakterijų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Bendras sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų) skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Pelėsinų grybų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	Yra, bet $< 4,0 \times 10^1$
Mielių skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$

Difuzijos į agarą metodu įvertintos baltymų ir riebalų antimikrobinės savybės. Juodosios plokščiamusės biomasės baltyminės ir riebalų frakcijos antimikrobinio efektyvumo vertinimui buvo pagaminti 4 pateiktų mėginių 10% etanoliniai tirpalai, trijų riebalų frakcijų ir baltymų.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Tyrimams panaudotos gramteigiamos *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* ir gramneigiamos *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium* testavimo bakterijų kultūros bei mikroskopiniams grybams priklausanti patogeninių mielių kultūra *Candida albicans*. Gauti duomenys (Lentelė 3.3.4) rodo, kad bakterijas stipriau veikia Riebalai Nr 3, buvo gautos didesnės slopinimo zonos, bet jautresnės yra gramteigiamos bakterijos *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, slopinimo zonų skersmuo siekia atitinkamai $16,5 \pm 0,5$ ir $12,5 \pm 1,5$ mm. Riebalai Nr. 2 mažiausiai efektyvūs, o gramneigiamos *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium* testavimo bakterijų kultūros pasirodė jiems atsparios.

Lentelė 3.3.4 Vabzdžių lervų biomasės baltymų ir riebalų skirtingų frakcijų antimikrobinio efektyvumo vertinimas

Mėginio Nr.	Slopinimo zonos skersmuo, mm su testavimo kultūromis					
	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Candida albicans</i>
Nr.1 Šviesūs riebalai	$12,5 \pm 1,5$	0	0	0	0	$10,5 \pm 0,7$
Nr. 2 Riebalai po spaudimo aparato	0	0	0	0	0	$12,5 \pm 0,9$
Nr. 3 Tamsūs riebalai	$16,5 \pm 0,5$	$12,5 \pm 1,5$	$10,0 \pm 0,0$	0	0	$12,5 \pm 0,9$
Baltyminė frakcija	$10,0 \pm 0,3$	0	0	0	0	0

Visų trijų riebalų frakcijų tirpalai slopina mielių *Candida albicans* augimą, slopinimo zonų skersmuo siekia atitinkamai $10,5 \pm 0,7$; $12,5 \pm 0,9$; $12,5 \pm 0,9$ mm. Baltyminės frakcijos tirpalas antimikrobinėmis savybėmis nepasižymi, slopina tik vieną bakteriją, *Bacillus subtilis*, slopinimo zonos skersmuo siekia $12,5 \pm 1,5$ mm. Gauti duomenys rodo, kad turintys antimikrobinę savybę juodosios plokščiamusės riebalai maisto sistemose galėtų pagerinti mikrobiologinę saugą ir užtikrinti mikrobiologinių rodiklių stabilumą.

Siekiant patvirtinti hipotezę, kad juodosios plokščiamusės biomasės baltyminės frakcijos priedai padidina duonos fermentacijos efektyvumą, buvo ištirta baltymų priedų įtaka keturių duonos raugo kompozicijų pienarūgščių bakterijų skaičiaus dinamikai (Lentelė 3.3.5). Šiam tikslui duonos rauge dalis miltų pakeista lervų baltymais – įdėta 20 %. Kontrolinis raugas sudarytas vien iš miltų. Buvo tiriamos keturios duonos raugo kompozicijos, A, B, C ir D.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Lentelė 3.3.5 Vabzdžių lervų biomasės baltymų frakcijos priedo pienarūgščių bakterijų auginimo terpėje vertinimas.

Mėginio eil. Nr.	Mėginio kodas	Pieno rūgštis bakterijų skaičius, KSV/g			Titruojamas rūgštingumas		
		Po 1 val.	Po 6 val.	Po 24 val.	Po 1 val.	Po 6 val.	Po 24 val.
1	AK	$(1,7 \pm 0,5) \cdot 10^9$	$(1,8 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(1,5 \pm 0,3) \cdot 10^9$	11,4	11,6	12,0
2	A20	$(1,0 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(1,0 \pm 0,5) \cdot 10^9$	$(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^9$	10,8	10,8	11,0
3	BK	$(1,7 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(2,0 \pm 0,5) \cdot 10^9$	$(2,4 \pm 0,5) \cdot 10^9$	15,4	15,6	19,4
4	B20	$(5,8 \pm 0,9) \cdot 10^9$	$(6,1 \pm 0,7) \cdot 10^9$	$(6,8 \pm 0,3) \cdot 10^9$	19,6	19,6	21,4
5	CK	$(1,9 \pm 0,5) \cdot 10^8$	$(2,2 \pm 0,7) \cdot 10^8$	$(1,8 \pm 0,3) \cdot 10^8$	16,8	16,8	16,8
6	C20	$(3,8 \pm 0,3) \cdot 10^8$	$(3,9 \pm 0,7) \cdot 10^8$	$(2,2 \pm 0,5) \cdot 10^8$	14,8	15,0	15,2
7	DK	$(4,1 \pm 0,7) \cdot 10^7$	$(4,2 \pm 0,9) \cdot 10^7$	$(5,2 \pm 1,3) \cdot 10^7$	17,6	17,8	18,8
8	D20	$(1,9 \pm 0,5) \cdot 10^8$	$(2,1 \pm 0,3) \cdot 10^8$	$(5,2 \pm 1,3) \cdot 10^8$	17,0	17,2	17,8

Įtaka raugo aktyvumui buvo vertinta pagal pienarūgščių bakterijų skaičiaus ir raugo titruojamojo rūgštingumo kitimą. Rodikliai buvo nustatomi po 1, po 6 ir po 24 valandų. A raugo kontroliniame variante bakterijų skaičius augo ir po 6, ir po 24 valandų, tolygiai didėjo ir titruojamasis rūgštingumas, rauge su baltymais ir rūgštingumo skaičiaus augimas pasiektas tik po 24 h, kai pienarūgščių bakterijų skaičius bandomajame mėginyje viršijo kontrolinį.

Rauge su B pienarūgščių bakterijų kompozicija bakterijų skaičius ir rūgštingumas augo ir kontroliniame, ir bandomajame mėginyje, bet po 24 h ir bakterijų skaičiaus, ir rūgštingumo rodikliai buvo didesni rauge su lervų baltymais.

Rauge su C pienarūgščių bakterijų kompozicija, bakterijų skaičius ir rūgštingumas mažai kito, raugo kompozicija buvo neaktyvi.

Rauge su D pienarūgščių bakterijų kompozicija, bakterijų skaičius ir rūgštingumas augo ir kontroliniame, ir bandomajame mėginyje. Kontroliniame mėginyje bakterijų skaičius lyginant su pradiniu padidėjo 127 %, bandomajame mėginyje bakterijų skaičius lyginant su pradiniu padidėjo 274 %.

Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad juodosios plokščiamusės biomasės baltyminės frakcijos priedai padidina duonos fermentacijos aktyvumą.

3.4. Modelinių maisto sistemų su lervų biomasės baltymų ir riebalų priedais sudarymas, prognozuojamos realizavimo trukmės modelio tyrimai, įvertinant juslinius, mikrobiologinius ir fizikocheminius rodiklius.

Juodosios plokščiamusės biomasės baltyminės ir riebalų frakcijų sudėties ir savybių tyrimai parodė, kad riebalai pasižymi sveikatai palankia riebalų rūgščių kompozicija, o baltymai savo sudėtyje turi visas nepakeičiamas aminorūgštis. Tokių komponentų priedai modelinėse maisto sistemose padidintų jų biologinę vertę ir suteiktų naujų savybių produktui, tikėtina, kad turėtų

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS MAISTO INSTITUTAS

įtakos sistemos mikrobiologiniams rodikliams, o tuo pačiu ir kokybės užtikrinimui realizavimo trukmės laikotarpiu.

Pagamintos modelinės sistemos su 1, 3, 5 % lervų baltymų, sąlyginiu pavadinimu „burgeris“, kurių sudėtis ir rodiklių dinamika laikymo metu buvo lyginama su kontrole – burgeriu be lervų baltymų.

Vertinant baltymų priedų įtaką burgerio amino rūgščių profiliui (Lentelė 3.4.1), matome, kad nepakeičiamų amino rūgščių kiekis modelinėje maisto sistemoje padidėjo ir koreliuoja su įdėtu baltymų kiekiu.

Lentelė 3.4.1. Modelinių maisto sistemų su lervų biomasės skirtingo kiekio baltymų priedais amino rūgščių profilio skirtumai po pagaminimo

Rodiklis	Burgeris 5 %	Burgeris 3 %	Burgeris 1 %	Kontrolė, 0 %
Amino rūgščių kiekis, g/100 g produkto:				
Asparto rūgštis	2,26	2,21	1,96	1,80
Glutamo rūgštis	3,30	3,29	2,98	2,72
Serinas	0,93	0,95	0,88	0,80
Glicinas	0,75	0,71	0,67	0,61
<i>Histidinas</i>	0,34	0,32	0,27	0,28
<i>Treoninas</i>	0,67	0,63	0,59	0,56
Alaninas	0,79	0,72	0,64	0,56
Argininas	1,21	1,23	1,19	1,09
Prolinas	0,36	0,54	0,91	1,74
Cisteinas	0,58	0,64	0,50	2,37
Tirozinas	0,72	0,65	0,59	0,50
<i>Valinas</i>	0,79	0,78	0,72	0,70
<i>Metioninas</i>	0,20	0,22	0,23	0,20
<i>Lizinas</i>	0,79	0,78	0,52	0,50
<i>Izoleucinas</i>	1,41	1,47	1,48	1,40
<i>Leucinas</i>	1,07	1,35	0,97	0,56
<i>Fenilalaninas</i>	1,04	1,05	1,04	1,01
<i>Triptofanas</i>	1,10	1,16	1,15	0,97

Vertinant baltymų priedų įtaką burgerio rodikliams (Lentelė 3.4.2), matome, kad geležies kiekis modelinėje maisto sistemoje padidėjo ir koreliuoja su įdėtu lervų baltymų kiekiu. Histamino kiekis, rodantis baltymų irimo pradžią, yra žemiau aptikimo ribos. Laisvųjų riebalų rūgščių kiekis didėja didėjant baltymų kiekiui. Tenka konstatuoti, kad ir bendras mikroorganizmų skaičius didėja, didėjant pridėtų baltymų kiekiui, nes jie turėjo didesnę mikroorganizmų skaičių, lyginant su modelinės sistemos pagrindu. Kiti saugos ir sanitarinės būklės rodikliai yra geri, nerasta koliforminių bakterijų, salmonelių ir monocitogeninių listerijų (*Listeria monocytogenes*). Bendrasis sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų) skaičius taip pat rodo gerą sanitarinę būklę.

Maisto sistemoje nerasta mezofilinių pieno rūgšties bakterijų ir numanomų bifidobakterijų bei mielių. Rastos pavienės mikroskopinių grybų kolonijos. Taigi, tiek cheminiai, tiek mikrobiologiniai modelinės sistemos rodikliai rodo gerą kompozicijos kokybę. Toliau buvo

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

siekama iširti, kokią įtaką baltyminiai priedai turės fizikocheminių ir mikrobiologinių rodiklių dinamikai laikymo žemoje teigiamoje temperatūroje metu.

Lentelė 3.4.2. Modelinių maisto sistemų su skirtingais lervų biomasės baltymų kiekiais, fizikocheminiai ir mikrobiologiniai rodikliai po pagaminimo

Rodiklis	Burgeris 5 %	Burgeris 3 %	Burgeris 1 %	Kontrolė, 0 %
Histamino kiekis, mg/kg	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Geležies kiekis, mg/100 g	9,8	7,6	5,5	4,3
Peroksidų skaičius, mekv/kg riebalų	3,2	3,4	3,8	4,8
Rūgštingumas (laisvųjų riebalų rūgščių kiekis) pagal oleino rūgštį, % riebaluose	1,73	1,48	0,86	0,62
Rūgščių skaičius, mg KOH/g riebalų	3,45	2,94	1,72	1,23
Mikroorganizmų skaičius, KSV/g	$5,6 \times 10^4$	$4,5 \times 10^4$	$7,6 \times 10^3$	$6,5 \times 10^3$
Koliforminių bakterijų skaičius prie 37 °C, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Salmonelių aptikimas, 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Monocitogeninių listerijų (<i>Listeria monocytogenes</i>) aptikimas prie 37 °C, 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Bendras mezofilinių pieno rūgšties bakterijų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Bendrasis sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų) skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Mielių skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Pelėsinių grybų skaičius, KSV/g	$3,1 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$

Vertinant baltymų priedų įtaką burgerio amino rūgščių profiliui po 21 dienos išlaikymo (Lentelė 3.4.3), matome, kad nepakeičiamų amino rūgščių kiekis modelinėje maisto sistemoje padidėjo ir koreliuoja su įdėtu baltymų kiekiu.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Lentelė 3.4.3. Modelinių maisto sistemų su skirtingais lervų biomasės baltymų kiekiais, amino rūgščių kiekis, g/100 g po produkto 21 dienos išlaikymo

Rodiklis	Burgeris 5 %	Burgeris 3 %	Burgeris 1 %	Kontrolė, 0 %
Amino rūgščių kiekis, g/100 g produkto:				
Asparto rūgštis	2,13	2,17	2,27	2,04
Glutamo rūgštis	3,01	3,11	3,23	2,94
Serinas	0,82	0,88	0,86	0,80
Glicinas	0,60	0,62	0,61	0,55
<i>Histidinas</i>	0,25	0,27	0,26	0,24
<i>Treoninas</i>	0,56	0,58	0,59	0,55
Alaninas	0,81	0,82	0,78	0,69
Argininas	1,30	1,38	1,45	1,34
Prolinas	0,94	0,79	1,03	0,98
Cisteinas	0,55	0,54	0,54	0,47
Tirozinas	0,60	0,60	0,58	0,54
<i>Valinas</i>	0,66	0,64	0,59	0,57
<i>Metioninas</i>	0,32	0,30	0,33	0,25
<i>Lizinas</i>	1,11	1,03	1,07	0,92
<i>Izoleucinas</i>	1,35	1,36	1,36	1,27
<i>Leucinas</i>	1,10	1,15	1,13	1,08
<i>Fenilalaninas</i>	1,00	0,99	0,99	0,93
<i>Triptofanas</i>	0,99	1,00	1,02	0,97

Vertinant baltymų priedų įtaką burgerio fizikocheminiams rodikliams po 21 dienos išlaikymo (Lentelė 3.4.4), matome, histamino kiekis, rodantis baltymų irimo pradžią, yra žemiau aptikimo ribos kontroliniame ir mėginiuose su 1 % ir 3 % lervų baltymų, o mėginyje su 5 % lervų baltymų jau randamas minimalus histamino kiekis 5 mg/kg (ties aptikimo riba). Laisvųjų riebalų rūgščių kiekis ir po saugojimo išlaiko pradines proporcijas. Bendras mikroorganizmų skaičius per tris savaites padidėjo apie dešimt kartų. Kiti saugos ir sanitarinės būklės rodikliai yra geri, nerasta koliforminių bakterijų, salmonelių ir monocitogeninių listerijų (*Listeria monocytogenes*), sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų).

Maisto sistemoje nerasta mezofilinių pieno rūgšties bakterijų ir numanomų bifidobakterijų bei mielių. Mikroskopinių grybų skaičius lieka stabilus ar net šiek tiek sumažėja lervų baltymų poveikyje.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Lentelė 3.4.4. Modelinių maisto sistemų su skirtingais lervų biomasės baltymų kiekiais, fizikocheminiai ir mikrobiologiniai rodikliai po pagaminimo ir 21 dienos išlaikymo

Rodiklis	Burgeris 5 %	Burgeris 3 %	Burgeris 1 %	Kontrolė, 0 %
Histamino kiekis, mg/kg	5	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Peroksidų skaičius, mekv/kg riebalų	4,0	4,6	5,1	5,3
Rūgštingumas (laisvųjų riebalų rūgščių kiekis) pagal oleino rūgštį, % riebaluose	1,62	1,12	0,82	0,60
Rūgščių skaičius, mg KOH/g riebalų	3,22	2,22	1,64	1,20
Mikroorganizmų skaičius, KSV/g	$7,1 \times 10^5$	$2,7 \times 10^5$	$2,3 \times 10^5$	$4,2 \times 10^3$
Koliforminių bakterijų skaičius prie 37 °C, KSV/g	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$
Salmonelių aptikimas, 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Monocitogeninių listerijų (<i>Listeria monocytogenes</i>) aptikimas prie 37 °C, 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Bendras mezofilinių pieno rūgšties bakterijų skaičius, KSV/g	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$
Numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$
Bendrasis sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų) skaičius, KSV/g	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$
Mielių skaičius, KSV/g	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$
Pelėsinų grybų skaičius, KSV/g	$2,4 \times 10^2$	$2,3 \times 10^2$	$8,0 \times 10^1$	$2,2 \times 10^2$

Vertinant baltymų priedų įtaką burgerių amino rūgščių profiliui po 80 dienų išlaikymo (Lentelė 3.4.5), matome, kad vyksta baltymų skaidymas, nepakeičiamų amino rūgščių kiekis modelinėje maisto sistemoje padidėjo ir koreliuoja su įdėtu lervų baltymų kiekiu.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Lentelė 3.4.5. Modelinių maisto sistemų su skirtingais lervų biomasės baltymų kiekiais, amino rūgščių kiekis, g/100 g po produkto 80 dienų išlaikymo

Rodiklis	Burgeris 5 %	Burgeris 3 %	Burgeris 1 %	Kontrolė, 0 %
Amino rūgščių kiekis, g/100 g produkto:				
Asparto rūgštis	2,62	2,72	2,36	2,28
Glutamo rūgštis	3,42	3,57	3,11	3,01
Serinas	0,93	0,96	0,82	0,77
Glicinas	0,82	0,80	0,67	0,63
<i>Histidinas</i>	0,45	0,44	0,38	0,36
<i>Treoninas</i>	0,70	0,71	0,61	0,56
Alaninas	0,95	0,88	0,73	0,67
Argininas	1,40	1,51	1,31	1,27
Prolinas	0,79	0,69	0,78	0,73
Cisteinas	0,57	0,52	0,39	0,37
Tirozinas	0,69	0,65	0,53	0,49
<i>Valinas</i>	0,97	0,98	0,82	0,77
<i>Metioninas</i>	0,13	0,11	0,05	0,05
<i>Lizinas</i>	2,01	2,17	1,64	1,36
<i>Izoleucinas</i>	1,47	1,55	1,32	1,28
<i>Leucinas</i>	1,13	1,21	1,08	1,03
<i>Fenilalaninas</i>	1,09	0,13	0,95	0,93
<i>Triptofanas</i>	1,19	1,27	1,08	1,05

Po 80 dienų išlaikymo mikrobiologiniai ir fizikocheminiai rodikliai (Lentelė 3.4.6) kinta, histamino kiekis, rodantis baltymų irimo pradžia, yra žemiau aptikimo ribos kontroliniame ir mėginyuose su 1 % ir 3 % lervų baltymų, o mėginyje su 5 % lervų baltymų jau randamas minimalus histamino kiekis 5 mg/kg (ties aptikimo riba). Laisvųjų riebalų rūgščių kiekis ir po saugojimo išlaiko pradines proporcijas.

Bendras mikroorganizmų skaičius per 80 dienų padidėjo, bet matomi skirtumai tarp mėginių, kontroliniame mėginyje ir mėginyje su 1 % bakterijų skaičius pasiekė $1,8 \times 10^8$, modelinėse sistemose su 3 % ir 5 % lervų baltymų galutinis skaičius apie 10 kartų mažesnis, taigi galima spėti, kad baltymų priedai sulėtina skaičiaus augimą. Kiti saugos ir sanitarinės būklės rodikliai yra geri, nerasta koliforminių bakterijų, salmonelių, monocitogeninių listerijų (*Listeria monocytogenes*), sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų).

Mezofilinių pieno rūgšties bakterijų ir numanomų bifidobakterijų tyrimo pradžioje nebuvo nustatyta, bet po 80 dienų išlaikymo, nors ir žemoje temperatūroje, šios bakterijos jau aptinkamos. Mikroskopinių grybų skaičius lervų baltymų poveikyje po 80 parų išlaikymo sumažėja, kas rodo jų fungicidinį poveikį.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Lentelė 3.4.6. Modelinių maisto sistemų su skirtingais lervų biomasės baltymų kiekiais, fizikocheminiai ir mikrobiologiniai rodikliai po 80 dienų išlaikymo

Rodiklis	Burgeris 5 %	Burgeris 3 %	Burgeris 1 %	Kontrolė, 0 %
Histamino kiekis, mg/kg	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Peroksidų skaičius, mekv/kg riebalų	4,7	5,8	6,2	6,6
Rūgštingumas (laisvųjų riebalų rūgščių kiekis) pagal oleino rūgštį, % riebaluose	1,89	1,50	1,12	0,94
Rūgščių skaičius, mg KOH/g riebalų	3,77	2,99	2,22	1,87
Mikroorganizmų skaičius, KSV/g	$9,4 \times 10^7$	$9,5 \times 10^7$	$1,7 \times 10^8$	$1,8 \times 10^8$
Koliforminių bakterijų skaičius prie 37 °C, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Salmonelių aptikimas, 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Monocitogeninių listerijų (<i>Listeria monocytogenes</i>) aptikimas prie 37 °C, 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Bendras mezofilinių pieno rūgšties bakterijų skaičius, KSV/g	$1,1 \times 10^3$	$1,9 \times 10^6$	$1,8 \times 10^5$	$1,2 \times 10^7$
Numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g	$5,1 \times 10^2$	$1,2 \times 10^4$	$8,8 \times 10^4$	$6,9 \times 10^4$
Bendrasis sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų) skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Mielių skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Pelėsinų grybų skaičius, KSV/g	$8,2 \times 10^1$	$9,1 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$

Pagamintos modelinės sistemos su 30 ir 50 % lervų riebalų (Lentelė 3.4.7, Lentelė 3.4.8), sąlyginu pavadinimu „burgeris“, kurių sudėtis ir rodiklių dinamika laikymo metu buvo stebima bandymo laikotarpiu.

Atlikus technologinius bandymus ir įterpus sumaišytų riebalų frakciją (maišyta su augaliniu rapsų aliejumi 50:50) į augalinį mėsos analogą matyti, kad tokiu atveju tik trečdalį visų matricoje esančių riebalų sudaro sočiosios riebalų rūgštys. Taip pat pastebėta, kad vabzdžių lervų biomasės riebalų frakcijos priedas turi savybę skystinti matricą, kas gali būti laikoma produkto panaudojimo yda ir reikalauti papildomo rišiklio panaudojimo. Sumaišius riebalų frakciją su augaliniu aliejumi ši savybė tampa ne taip aiškiai išreikšta.

Pagaminti mėsos analogai buvo laikomi 30 dienų, po kurių pakartoti stabilumo tyrimai. Matyti, kad per tyrimo laikotarpį padidėjo peroksidų skaičius, rūgštingumas bei rūgščių skaičius. Daroma išvada, kad laikymo metu riebalų irimo procesai vyko ir vakuuminė pakuotė neapsaugo riebalų nuo aplinkos poveikio.

Kinta ir mikrobiologiniai rodikliai, bendras mikroorganizmų skaičius nuo pradinio $1,6 \times 10^2$

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

išaugo iki $1,6 \times 10^6$ po 30 dienų išlaikymo ir iki $1,6 \times 10^2$ po 45 dienų išlaikymo. Koliforminėms bakterijoms terpė nepalanki, jų skaičius laikymo eigoje mažėja. Mezofilinių pieno rūgšties bakterijų ir numanomų bifidobakterijų matricose su 30 ir 50 % lervų riebalų tyrimo pradžioje nebuvo nustatyta, bet po 45 dienų išlaikymo, nors ir žemoje temperatūroje, šios bakterijos jau aptinkamos, daugiau matricoje su 30 % lervų riebalų. Pelėsinų grybų skaičius maisto matricoje per 30 parų ekspoziciją sumažėja iki neaptinkamo lygio matricoje su 50 % lervų riebalų, matricoje su 30 % lervų riebalų mikroskopinių grybų skaičius mažėja laikymo eigoje.

Lentelė 3.4.7. Mėsos analogas su lervų riebalais. Matrica + 50 po pagaminimo

Rodiklis	Rezultatas po pagaminimo	Rezultatas Po 30 dienų	Rezultatas Po 45 dienų
Bendrasis riebalų kiekis, %	18,2	18,18	18,2
sočiųjų riebalų rūgščių, %	6,89	6,86	6,90
mononesočiųjų riebalų rūgščių, %	7,86	7,80	7,71
polinesočiųjų riebalų rūgščių, %	3,44	3,52	3,60
<i>Trans</i> riebalų rūgščių, %	0,01	0,00	0,00
Histamino kiekis, mg/kg	< 5	< 5	< 5
Peroksidų skaičius, mekv/kg riebalų	7,5	7,8	8,1
Rūgštingumas (laisvųjų riebalų rūgščių kiekis) pagal oleino rūgštį, % riebaluose	2,1	2,8	3,0
Rūgščių skaičius, mg KOH/g riebalų	4,1	5,2	5,9
Mikroorganizmų skaičius, KSV/g	$1,6 \times 10^2$	$1,6 \times 10^6$	$1,1 \times 10^7$
Koliforminių bakterijų skaičius prie 37 °C, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Salmonelių aptikimas, 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Monocitogeninių listerijų (<i>Listeria monocytogenes</i>) aptikimas prie 37 °C, 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Bendras mezofilinių pieno rūgšties bakterijų skaičius, KSV/g	$8,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$8,0 \times 10^1$
Numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$3,5 \times 10^3$
Bendrasis sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų) skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Mielių skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$3,4 \times 10^4$	$< 1,0 \times 10^1$
Pelėsinų grybų skaičius, KSV/g	$4,7 \times 10^2$	yra, bet $< 4,0 \times 10^1$	yra, bet $< 4,0 \times 10^1$

Lentelė 3.4.8. Pavadinimas: Mėsos analogas su lervų riebalais. Matrica + 30 po pagaminimo

Rodiklis	Rezultatas po pagaminimo	Rezultatas Po 30 dienų	Rezultatas Po 45 dienų
Bendrasis riebalų kiekis, %	20,3	18,9	17,9
sočiųjų riebalų rūgščių, %	4,75	4,53	4,21
mononesočiųjų riebalų rūgščių, %	10,78	9,68	9,30
polinesočiųjų riebalų rūgščių, %	4,76	4,62	4,38
<i>Trans</i> riebalų rūgščių, %	0,01	0,00	0,01
Histamino kiekis, mg/kg	< 5	< 5	< 5
Peroksidų skaičius, mekv/kg riebalų	15,5	14,9	14,7
Rūgštingumas (laisvųjų riebalų rūgščių kiekis) pagal oleino rūgštį, % riebaluose	2,6	2,4	2,1

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

Rūgščių skaičius, mg KOH/g riebalų	5,2	4,5	4,2
Mikroorganizmų skaičius, KSV/g	$8,8 \times 10^2$	$1,9 \times 10^7$	$1,9 \times 10^7$
Koliforminių bakterijų skaičius prie 37 °C, KSV/g	$7,0 \times 10^1$	yra, bet $< 4,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Salmonelių aptikimas, 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Monocitogeninių listerijų (<i>Listeria monocytogenes</i>) aptikimas prie 37 °C, 25 g	Neaptikta	Neaptikta	Neaptikta
Bendras mezofilinių pieno rūgšties bakterijų skaičius, KSV/g	$1,1 \times 10^2$	$< 1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^3$
Numanomų bifidobakterijų skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$7,8 \times 10^3$
Bendrasis sulfitus redukuojančių bakterijų (klostridijų) skaičius, KSV/g	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$	$< 1,0 \times 10^1$
Mielių skaičius, KSV/g	$9,0 \times 10^1$	$2,2 \times 10^4$	$< 1,0 \times 10^1$
Pelėsinų grybų skaičius, KSV/g	$1,1 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$	$7,0 \times 10^1$

3.2. Išvados

1. Ištirta juodųjų plokščiamusių *Hermetia Illucens* lervų biomasės sudėtis, santykiniai biologiškai aktyvių medžiagų kiekiai, įvertintos baltyminės ir riebalinės frakcijos fizikocheminės ir mikrobiologinės charakteristikos. Nustatyta, kad tyrime naudotų juodųjų plokščiamusių baltyminė frakcija pasižymi pilnu nepakeičiamų amino rūgščių profiliu, galinčiu užtikrinti žmogaus organizmo homeostazę, vartojant maisto produktus, praturtintus lervų biomase. Tyrimo rezultatai rodo, kad baltyminė ir riebalinė plokščiamusių lervų frakcija dėl aukštos biologinės vertės (amino rūgščių, riebalų rūgščių) gali būti taikoma maisto pramonės sektoriuje kaip alternatyva gyvūniniams baltymams ir riebalams.

2. Ištirtas plokščiamusių lervų biomasės oksidacinis stabilumas įvertinant riebalų oksidacijos produktų – peroksidų – skaičiaus dinamiką laike. Nustatyta, kad biomasėje yra polinesočiųjų riebalų rūgščių, galinčių lemti peroksidinimo procesus, dėl ko cheminis-oksidacinis lervų biomasės stabilumas sumažėtų. Tačiau eksperimento metu vertintas pirminių riebalų oksidacijos produktų kiekybinis rodiklis šviežiai paruoštam mėsos analogo burgeriams su lervų biomase ir po jų išlaikymo 45 dienas kito nežymiai. Tai rodo, kad maisto produktas, praturtintas lervų biomase, ne tik pasižymi aukšta maistine ir biologine verte, tačiau ir ilga vartojamąja trukme.

3. Eksperimentiškai nustatyta, kad plokščiamusių lervų riebalinė frakcija pasižymi antimikrobinėmis savybėmis, slopina gramteigiamų bakterijų ir mielių augimą. Tyrimo rezultatai leidžia kelti hipotezę, kad riebaline lervų biomase praturtintas maisto produktas veiktų prevenciškai prieš mieliagybių genties grybelių sukeltas infekcijas (pvz., skrandžio, žarnyno kandidozė).

4. LITERATŪRA

1. Ruben Smets, Peter Goos, Johan Claes, Mik Van Der Borgh. Optimisation of the lipid extraction of fresh black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) with 2-methyltetrahydrofuran by response surface methodology. *Separation and Purification Technology* **2021**.

2. Moritz Gold, Fabienne von Allmen, Christian Zurbrügg, Jibin Zhang, Alexander Mathys. Identification of Bacteria in Two Food Waste Black Soldier Fly Larvae Rearing Residues. *Frontiers in Microbiology* **2020**, *11* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.582867>
3. Papargyropoulou Effie, Rodrigo Lozano, Julia K. Steinberger, Nigel Wright, Zaini bin Ujang The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste, *Journal of Cleaner Production*, Volume 76, 1 August 2014, Pages 106-115
4. Marco. A. El-Dakar, Remondah R. Ramzy, Hong Ji, Martin Plath. Bioaccumulation of residual omega-3 fatty acids from industrial Schizochytrium microalgal waste using black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of Cleaner Production* **2020**, *268* , 122288. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122288>
5. Renske H. Janssen, Jean-Paul Vincken, Lambertus A. M. van den Broek, Vincenzo Fogliano Catriona M. M. Lakemond Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2017, *65*, *11*, 2275-2278
6. Van Huis A. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annu Rev Entomol.* 2013; *58*(1):563–83.
7. Jones LD, Cooper RW, Harding RS. Composition of Mealworm *Tenebrio molitor* Larvae. *J Zoo Anim Med.* 1972; *3*(4):34–41.
8. Finke MD. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol.* 2002; *21*(3):269–85.
9. Yi L, Lakemond CMM, Sagis LMC, Eisner-Schadler V, van Huis A, van Boekel MAJS. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chem.* 2013 Dec 15; *141*(4):3341–8. pmid:23993491
10. Zhao, X.; Vázquez-Gutiérrez, J. L.; Johansson, D. P.; Landberg, R.; Langton, M. Yellow mealworm protein for food purposes – extraction and functional properties *PLoS One* **2016**, *11* (2) 1– 17 DOI: 10.1371/journal.pone.0147791
11. Yongli Jiang, Yifan Zhu, Yuanrong Zheng, Zhenmin Liu, Yu Zhong, Yun Deng, Yanyun Zhao. Effects of salting-in/out-assisted extractions on structural, physicochemical and functional properties of *Tenebrio molitor* larvae protein isolates. *Food Chemistry* **2021**, *338* , 128158. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128158>
12. Heuel M., C. Sandrock, F. Leiber, A. Mathys, M. Gold, C. Zurbrügg, I.D.M. Gangnat, M. Kreuzer, M. Terranova. Black Soldier Fly larvae meal and fat can completely replace soybean cake and oil in diets for laying hens. *Poultry Science* **2021**, *37* , 101034. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101034>
13. Harish Karthikeyan Ravi, Antoine Degrou, Jérôme Costil, Christophe Trespeuch, Farid Chemat, Maryline Abert Vian. Effect of devitalization techniques on the lipid, protein, antioxidant, and chitin fractions of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *European Food Research and Technology* **2020**, *246* (12) , 2549-2568. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03596-8>
14. Teruaki Nakatsuji, Mandy C. Kao, Jia-You Fang, Christos C. Zouboulis, Liangfang Zhang, Richard L. Gallo, Chun-Ming Huang, Antimicrobial Property of Lauric Acid Against *Propionibacterium Acnes*: Its Therapeutic Potential for Inflammatory Acne Vulgaris, *Journal of Investigative Dermatology*, Volume 129, Issue 10, 2009, Pages 2480-2488, <https://doi.org/10.1038/jid.2009.93>
15. Carlo Agostoni, Luis Moreno & Raanan Shamir (2016) Palmitic Acid and Health: Introduction, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *56*:12, 1941-1942, DOI: 10.1080/10408398.2015.1017435

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MAISTO INSTITUTAS**

16. Sales-Campos, Helioswilton, et al. "An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease." *Mini reviews in medicinal chemistry* 13.2 (2013): 201-210.
17. Burdock, George A., and Ioana G. Carabin. "Safety assessment of myristic acid as a food ingredient." *Food and Chemical Toxicology* 45.4 (2007): 517-529.
18. Frigolet, María E., and Ruth Gutiérrez-Aguilar. "The role of the novel lipokine palmitoleic acid in health and disease." *Advances in Nutrition* 8.1 (2017): 173S-181S.
19. Huang, Wen-Cheng, et al. "Anti-bacterial and anti-inflammatory properties of capric acid against *Propionibacterium acnes*: a comparative study with lauric acid." *Journal of dermatological science* 73.3 (2014): 232-240.
20. Quan, Lin-Hu, et al. "Myristoleic acid produced by enterococci reduces obesity through brown adipose tissue activation." *Gut* 69.7 (2020): 1239-1247.